تطبيقات عُدد القطع

الدكتور
عباس عليوي الجبوري
جامعة القادسية - كلية الهندسة

علي إبراهيم الموسوي
هيئة التعليم الفني - المعهد التقني - بابل

مؤسسة دار الصادق الثقافية
طبع . نشر . توزيع

الرضوان
للنشر والتوزيع

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ
إِلَى عَالِمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُمْ بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ ﴾

صدق الله العظيم

تطبيقات عُدد القطع

تطبيقات عدد القطع

جورج شنايدر

ترجمة

الدكتور
عباس عليوي الجبوري
جامعة القادسية ـ كلية الهندسة

علي إبراهيم الموسوي
هيئة التعليم التقني
المعهد التقني - بابل

دار الرضوان

الطبعة الأولى
2013م-1434هـ

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2012/10/3921)

341.45
السامرائي محمد، محمد احمد
مشكلة المياه في الشرق الاوسط /محمد احمد السامرائي- دار الرضوان للنشر -:. عمان ، 2012
ر.أ: (2012/10/3921)

الواصفات : / ازمة المياه // الشرق الاوسط/

* يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.

الطبعة الأولى
2013م-1434هـ
الناشــر
دارصفاء للنشر والتوزيع
عمان الأردن تلفاكس:4612190 6 00962 - فاكس 4611169 00962
e-mail:info@redwanpublisher.com

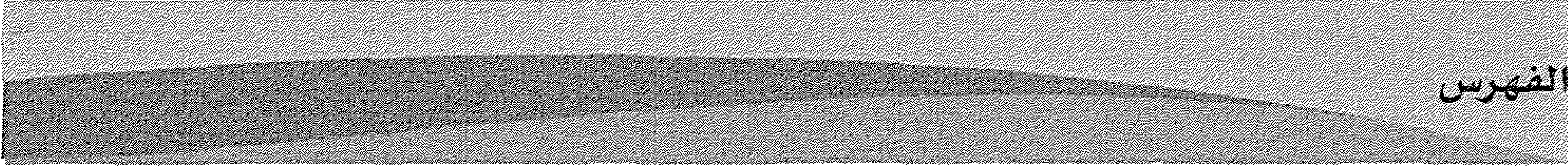
الفهرس

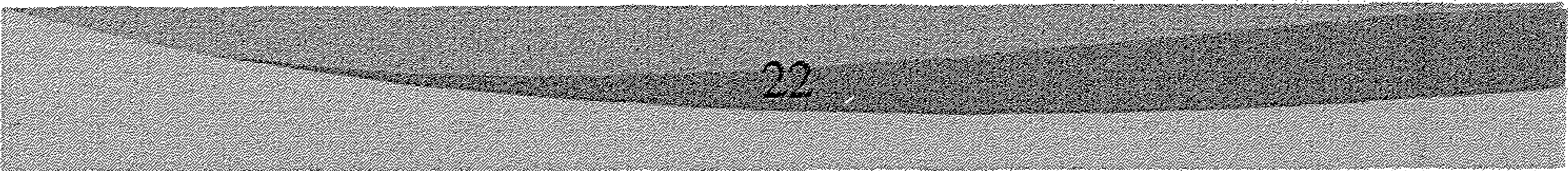
الجزء الثالث

عمليات تصنيع الثقب

الجزء الرابع

التشغيل متعدد الإتصال



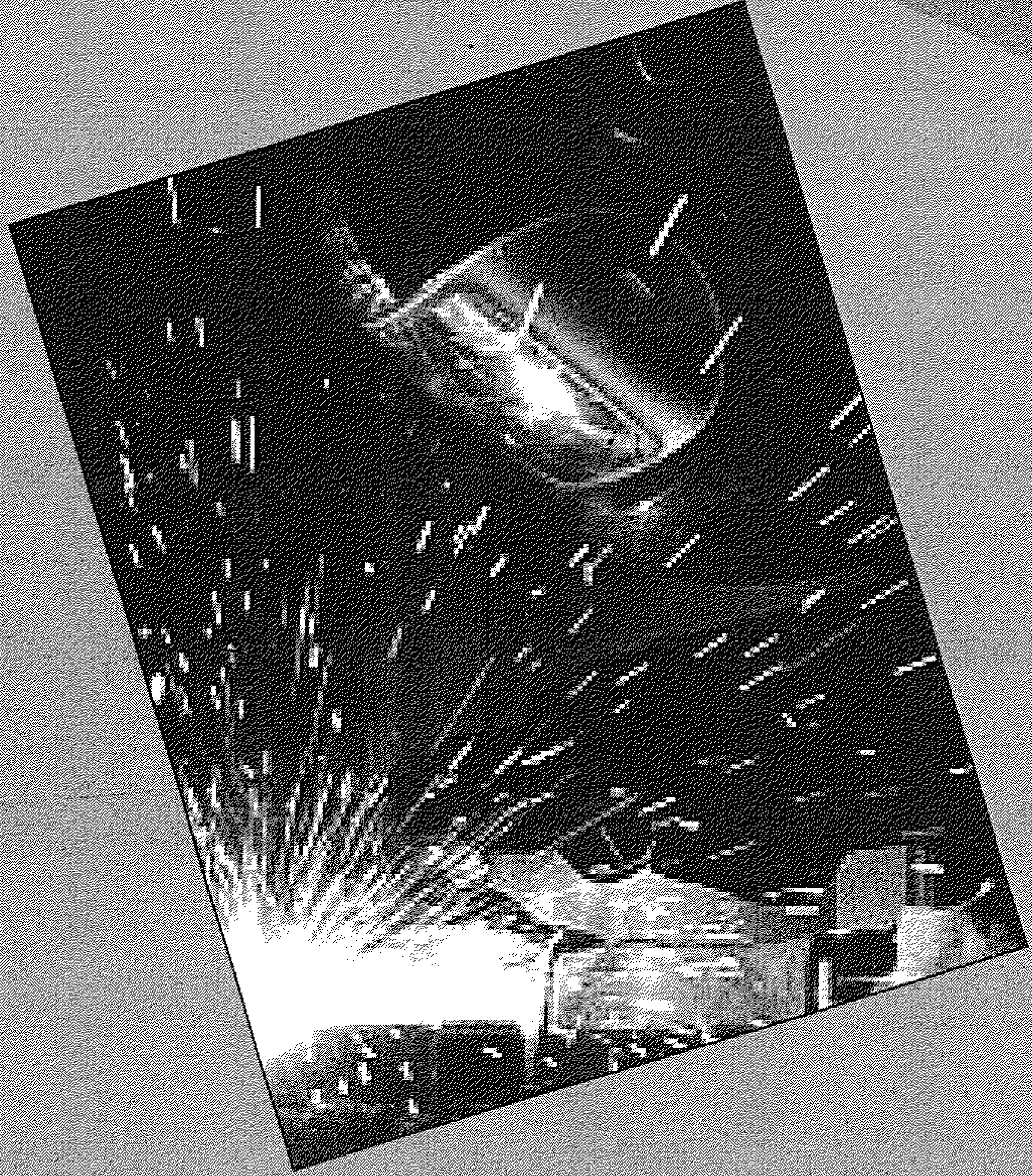


المقدمة

تحتل عمليات تشغيل المعادن بشكل خاص والمواد بشكل عام مكانة كبيرة في مجال الصناعة وخصوصاً بعد تطوير الماكنات وعُدد القطع القادرة على إنجاز عملها بكفاءة وجودة عاليتين ويتلخص مبدأ عمليات التشغيل بقص أجزاء من المعادن بواسطة عُدة القطع التي تتعشق مع سطح المادة المراد قطعها وناتج هذه العملية يسمى الرايش أو النحاتة. ويمكن إنجاز عملية التشغيل هذه على كافة المواد وبشكل متفاوت من حيث الدقة وسهولة أو صعوبة التشغيل. لقد أدى إكتشاف مواد جديدة إلى تطور ماكنات وعُدد قطع جديدة قادرة على تلبية متطلبات التشغيل الراهنة.

حيث تم تطوير مواد عُدد قطع جديدة من حيث التركيب وكذلك التنوع في الشكل والحجم وطُرق ربطها على ماكنات التشغيل ونوع العمليات التي تؤديها وجودة السطح الناتج بعد التشغيل ومدى الجدوى الإقتصادية من حيث كلفة تصنيعها ومدى مقاومتها لظروف العمل والتي تحدد عُمرها التصميمي. لذلك جاء هذا الكتاب ليناقش بشيء من التفصيل عمليات التشغيل المختلفة مثل التفريز والخراطة والثقب وغيرها والعُدد المستخدمة فيها وطُرق تصنيعها والمواد التي تستطيع تشغيلها عسى أن يستفيد منه القارئ ويضيف له معلومة جديدة عن عمليات تشغيل المعادن ومن الله التوفيق.

الفصل الأول
مواد عُدة القطع
Cutting Tool Materials



1

الفصل الأول

مواد عُدة القطع Cutting Tool Materials

1.1 المقدمــة (Introduction) .

تستخدم اليوم العديد من المواد الهندسية والتي تتراوح من الفولاذ عالي الكاربون *Carbon Steel*) *High*) إلى المواد السيراميكية (*Ceramics*) والماس (*Diamond*) في صناعة عُدد القطع لتشغيل المعادن. إن الإختلافات الموجودة بين مواد عُدة القطع أوجدت تنوعاً كبيراً في تطبيقات هذه العُدد ومجالات إستخدامها إعتماداً على المادة المصنوعة منها هذه العُدد. إن هذا التنوع في عُدد القطع والمواد المصنعة منها خلق تسميات وأنظمة لهذه العُدد تختلف فيما بينها حسب الجهة المصنعة لهذه العُدد. في بعض الأحيان تكون الأسماء والأرقام متشابهة ولكنها تختلف كلياً في مجالات التطبيق الصناعي .

إن طبيعة الإستخدام هي التي تُحدد نوع المادة التي تصنع منها عُدة القطع، لذلك نرى في بعض المجالات إن سعر العُدة يكون باهض جداً بسبب مجال العمل الذي يحدد مقدار السعر، ولكن هذا لايعني إن أكثر العدد كُلفة تكون هي دائماً أفضل العُدد. إن التغيرات الثابتة والنجاح الحاصل في تكنولوجيا تصنيع العُدد القاطعة أصبح واضحاً بحيث لايمكن تجاهله من قبل مصنعي هذه العُدد. عندما تستدعي الحاجة لتغير عُدة قطع لسبب ما فيجب أن يتم إجراء مقارنة إنجاز قبل إختيار العُدة للعمل.

إن العُدة المثالية ليست بالضرورة التي تكون أعلى كلفة أو أقل كلفة أو التي تستخدم للعمل بشكل متكرر، وإنما العُدة المثالية هي التي يتم إختيارها بحرص لإداء العمل بسرعة وكفاءة وإقتصادية، ويعتمد هذا الإختيار على طبيعة العمل الذي تقوم به العُدة وعلى نوع المادة المشغلة، وتعتمد طبيعة العمل الذي تقوم

به عُدة القطع على خواص العُدة الميكانيكية إضافة إلى نوع مادة العُدة وأهم هذه الخواص هي:-

1- الصلادة (Hardness) .

وتسمى بالصلادة الساخنة (*Hot Hardness*) حيث يجب أن تحافظ عُدة القطع على صلادتها ومقاومتها في درجات الحرارة العالية .

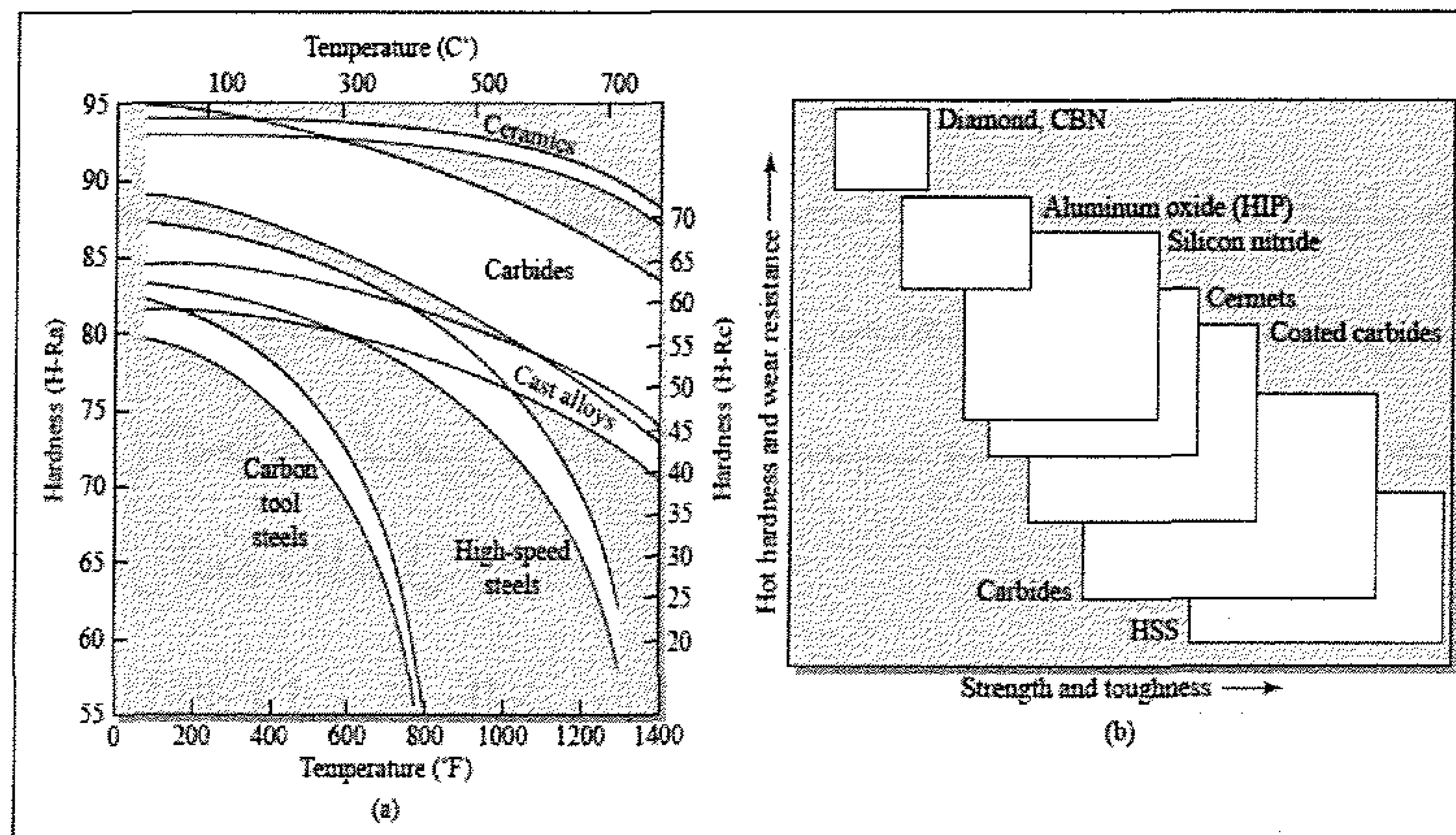
2- المتانة (Toughness) .

يجب أن تكون متانة عُدة القطع عالية حتى لا تتشظى أو تتكسر خصوصاً أثناء عمليات التشغيل المتقطع (*Interrupted Cutting Operations*) .

3- مقاومة البلى (Wear Resistance) .

تعني مقاومة البلى بلوغ عُمر العُدة المقبول قبل الحاجة لإستبدالها .

يتوفر اليوم مدى واسع لمواد عُدة القطع التي تتميز بالصلادة والقوة والتي تناسب عمليات القطع بأنواعها . الشكل رقم (1-1) يوضح بعض خواص عُدد القطع الميكانيكية.



الشكل رقم (1-1): (a) صلادة مواد عُدد القطع المتنوعة كدالة لدرجة الحرارة.

(b) مديات الخواص لمجاميع مختلفة من المواد.

2.1 عُدد الفولاذ والسبائك المصبوبة (Tool Steels & Cast Alloys) .

1.2.1 عُدد الفولاذ الكاربوني العادي (Plain Carbon Steel) .

تعتبر هذه العُدد من أقدم مواد العُدد حيث يعود تاريخ استخدمها لمئات السنين. إن نوع الفولاذ العادي الذي يستخدم في عُدد القطع هو بالتحديد الفولاذ عالي الكاربون الذي يحتوي على حوالي (1.05٪) كاربون. يكون هذا النوع من الفولاذ الكاربوني صلد جداً بسبب المحتوى العالي للكاربون مما يجعله مقاوماً للبلى الحكي (*Abrasive Wear*). يتلين الفولاذ عالي الكاربون بسرعة عند درجات حرارة القطع الواطئة نسبياً ($500F^{\circ}$-$300F^{\circ}$) حيث تمثل هذه الدرجات الحرارية درجات المراجعة لهذا النوع من الفولاذ، إن هذه الحالة تحد بشكل كبير من إستخدامه عدا بعض مجالات الصناعة ومنها صناعة المبارد(*Files*) ، الشفرات الخاصة بالمناشير *blades*) (*Saw* والأزاميل (*Chisels*) أن الفولاذ عالي الكاربون محدود الإستخدام في التطبيقات ذات درجة الحرارة الواطئة.

2.2.1 عُدد فولاذ السرعات العالية (High Speed Steel Tools) .

إن الحاجة لمواد عُدد تقاوم الزيادة في سرعات القطع ودرجة الحرارة المتولدة منها أدى إلى تطوير فولاذ السرعات العالية (*HSS*) . إن الفرق الرئيسي بين فولاذ عُدد السرعات العالية والفولاذ عالي الكاربون هو عناصر السبك المضافة إليه والتي تستخدم لزيادة صلادة ومقاومة الفولاذ وجعله مقاوم أكثر للحرارة (الصلادة الساخنة).

من أكثر عناصر السبك إستخداماً هي المنغنيز، الكروم، التنكستن، الفناديوم، المولبدنوم، الكوبالت، والنوبيوم (الكولمبيوم). كل عنصر من عناصر السبك يضيف صفات ثابتة إلى الفولاذ ولكن بشكل عام يمكن القول إنها تعطي قابلية تصليد عميق، صلادة ساخنة عالية، مقاومة البلى الحكي، والمقاومة للسرعات العالية.

إن هـذه الصـفات الـتي يـتم الحصـول عليهـا مـن عناصـر السـبك تسـمح بإسـتخدام سـرعات تشـغيل أعلـى وتحسـن الإنجـاز السـطحي بشـكل أفضـل مـن الفولاذ عالي الكاربون. يقسم فولاذ عُدد السرعات العالية إلى مجموعتين هما :-

1- المجموعة (*M*):- تمثل فولاذ عُدد السرعات العالية نوع المولبدنوم.

2- المجموعة (*T*):- تمثل فولاذ عُدد السرعات العالية نوع التنكستن.

في بعض الأحيان تُظهر هذه العُدد تشابهاً كبيراً فيما بينها. كل نوع من هذه المجموعتين يخدم غرض ثابت وتقدم فوائد مهمة في التطبيق الذي تستخدم فيه. توجد بعض أنواع فولاذ السرعات العالية الآن بشكل مسحوق معدني (*Powder Metallic*). إن الفرق بين مساحيق المعادن والمعادن التقليدية هو في الطريقة التي تصنع بها ففي حالة فولاذ السرعات العالية التقليدي يتم صب المعدن في سبائك بعدها يتم تشكيلها أما على البارد أو على الساخن للحصول على الشكل المطلوب. أما في حالة إستخدام طريقة المساحيق (*Powder Metallurgy*) تأخذ مساحيق المعادن وتخلط سوية بعناية ثم يتم كبسها داخل قالب تحت ضغط عالي جداً للشكل المطلوب، بعدها تُلبد في فرن مسيطر عليه للحصول على عُدة القطع المطلوبة.

1.2.2.1 المعاملة السطحية لفولاذ السرعات العالية (H.S.S Surface Treatment)

لقد تم تطوير العديد من المعاملات السطحية في محاولة لزيادة عُمر عُدة القطع وإختزال إستهلاك الطاقة وللسيطرة على بقية العوامل التي تؤثر على ظروف التشغيل والكلفة. يعود تاريخ بعض هذه المعاملات إلى سنين مضت حيث أثبتت أهميتها في حماية سطوح عُدد القطع وكمثال عليها طلاءات الأُوكسيد الأسود (*Black Oxide*) والتي يتم طلاء سطوح المثاقب واللوالب بها حيث تعمل طبقة الأُوكسيد كعائق على تكوين حد القطع الناشئ (*Build up*) على العُدة. أحد أكثر التطورات الحديثة في مجال طلاء فولاذ عُدد السرعات العالية هو الطلاء بنتريد التيتانيوم

(*Titanium Nitride*) بواسطة إستخدام تقنية ترسيب البخار الفيزيائي (*Physical Vapor*) (*Deposition-PVD*، إذ يتم ترسب نتريد التيتانيوم على سطح العُدة في فرن عند درجة حرارة منخفضة نسبياً، حتى لا تؤثر على صلادة العُدة قبل الطلاء . يستخدم هذا الإسلوب في الطلاء لزيادة عُمر عُدة القطع حيث يزداد العُمر لأكثر من ثلاث مرات عما كان عليه قبل عملية الطلاء، كذلك يسمح الطلاء بإستخدام العُدة في سرعة تشغيل عالية وبزيادة مقدارها (50٪) عما كانت عليه قبل الطلاء.

2.2.2.1 السبائك المصبوبة (Cast Alloys) .

من أهم عناصر السبك التي تستخدم في فولاذ السرعات العالية هي الكوبالت، الكروم، والتنكستن والتي تعمل على تحسين خواص القطع بشكل أفضل. إن البحوث الميثالورجية قد طورت السبائك المصبوبة بحيث يمكن أنتاج مواد عُدد بدون عنصر الحديد. أن التركيب النموذجي لهذا النوع من عُدد القطع يكون كالتالي:- (45٪ كوبالت، 32٪ كروم، 21٪ تنكستن، 2٪ كاربون).

إن الغرض من هكذا تسبيك هو للحصول على عُدة قطع تمتلك صلادة ساخنة تلائم السرعات العالية التي يعمل فيها هذا النوع من عُدد القطع، عند استخدام عُدد السبائك المصبوبة فيجب الإنتباه إلى هشاشتها حيث يجب توفير الدعم الكافي لها في كل الأوقات . تكون هذه العُدد ملائمة في قطع المواد القشرية (*Scaly Materials*) أو تلك التي تحتوي على شوائب صلدة بسبب مقاومة الحك العالية لهذه العُدد الناتجة من التسبيك.

3.1 كاربيد التنكستن المسمنت (Cemented Tungsten Carbide) .

أُكتشف كاربيد التنكستن بواسطة هنري مويسان (*Henri Moissan*) في العام (1893) أثناء البحث عن طريقة لعمل الماس الصناعي. حيث قام بإذابة شبه كاربيد التنكستن *Sub-Carbide*) (*Tungsten*) الناتج من دمج السكر المشحون (*Charging Suger*) مع أوكسيد التنكستن

في فرن قوسي (*Arc Furnace*) حيث يقوم السكر المكربن (*Carbonized Suger*) بإختزال الأوكسيد وكربنة التنكستن. سجل مويسان في أوراقه بأن كاربيد التنكستن كان شديد الصلادة، إذ يقارب صلادة الماس ويتجاوز الياقوت الأزرق وهو أثقل من الماء بستة عشر مرة ولكنه كان هش جداً مما حد من إستخداماته الصناعية. إن كاربيد التنكستن التجاري المضاف إليه (6٪ كوبالت) كمادة رابطة كان أول ما أُنتج في ألمانيا في العام (1926) ثم أُنتج في الولايات المتحدة الأمريكية عام (1928) ثم إنتقل إنتاجه إلى كندا في العام (1930).

وفي هذا الوقت تم تصنيع كاربيدات صلدة تضم نظام كاربيد التنكستن الأولي مع عنصر الكوبالت كمادة رابطة، وقد أظهرت هذه الكاربيدات إنجازاً عالياً في تشغيل حديد الزهر والمواد غير المعدنية ولكنها كانت مخيبة للآمال عندما أُستخدمت في تشغيل الفولاذ. إن معظم التطورات اللاحقة التي جرت على الكاربيدات الصلدة تضمنت إستبدال جزء من كاربيد التنكستن أو إستبداله كلياً بكاربيدات أُخرى وخصوصاً كاربيد التيتانيوم (*Titanium Carbide*) أو كاربيد التنتاليوم (*Tantalum Carbide*) .

هذه التطورات قادت إلى تطوير مواد حديثة لمواد قطع ثنائية الكاربيد (*Multi-Carbide*) والتي سمحت بتشغيل الفولاذ بسرعات عالية. إن صلادة الكاربيد هي أكبر من صلادة معظم مواد العُدد الأخرى عند درجة حرارة الغرفة، وتمتلك العدد الكاربيدية القدرة على الحفاظ على صلادتها في درجات الحرارة العالية لفترات طويلة مما يجعل التشغيل في السرع العالية ناجح جداً وأما

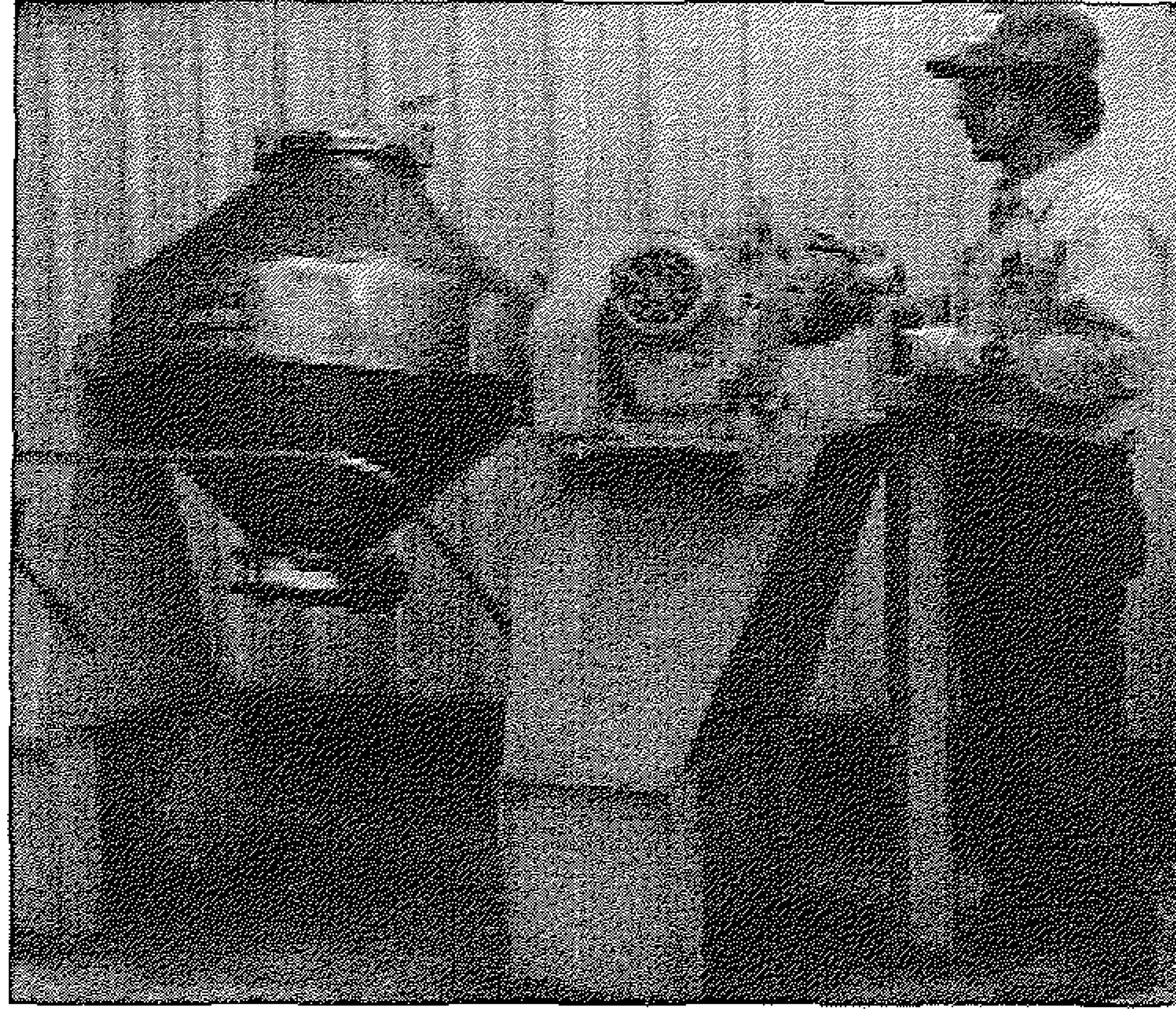
في العُدد السابقة من منتجات ميثالوجيا الصهر فأن إعتمادها على المعاملات الحرارية في إنتاج خواصها الميكانيكية يخلق مشكلة جديدة وهي أنها تتغير خواصها أيضاً بواسطة معاملة حرارية ناتجة من إرتفاع درجة الحرارة أثناء التشغيل في السرعات العالية لذلك سوف تفشل أما العُدد الكاربيدية فأنها تحافظ على خواصها في هذه السرعات العالية .

1.3.1 تصنيع المنتجات الكاربيدية (Manufacture of Carbide Products) .

يصف مصطلح " كاربيد التنكستن " عائلة شاملة لتراكيب الكاربيدات الصلدة والتي تستخدم لعُدد قطع المعادن، القوالب بمختلف الأنواع وأجزاء البلى (*Wear Parts*). تتألف هذه الكاربيدات من التنكستن، التيتانيوم، والتنتاليوم، أو متكونة من الدمج بين هذه الكاربيدات، تلبد هذه الكاربيدات وتربط بأرضية رابطة وهي عادة عنصر الكوبالت. إن خطوات إنتاج الكاربيد تمر بثلاث مراحل هي المزج، الكبس، والتلبيد.

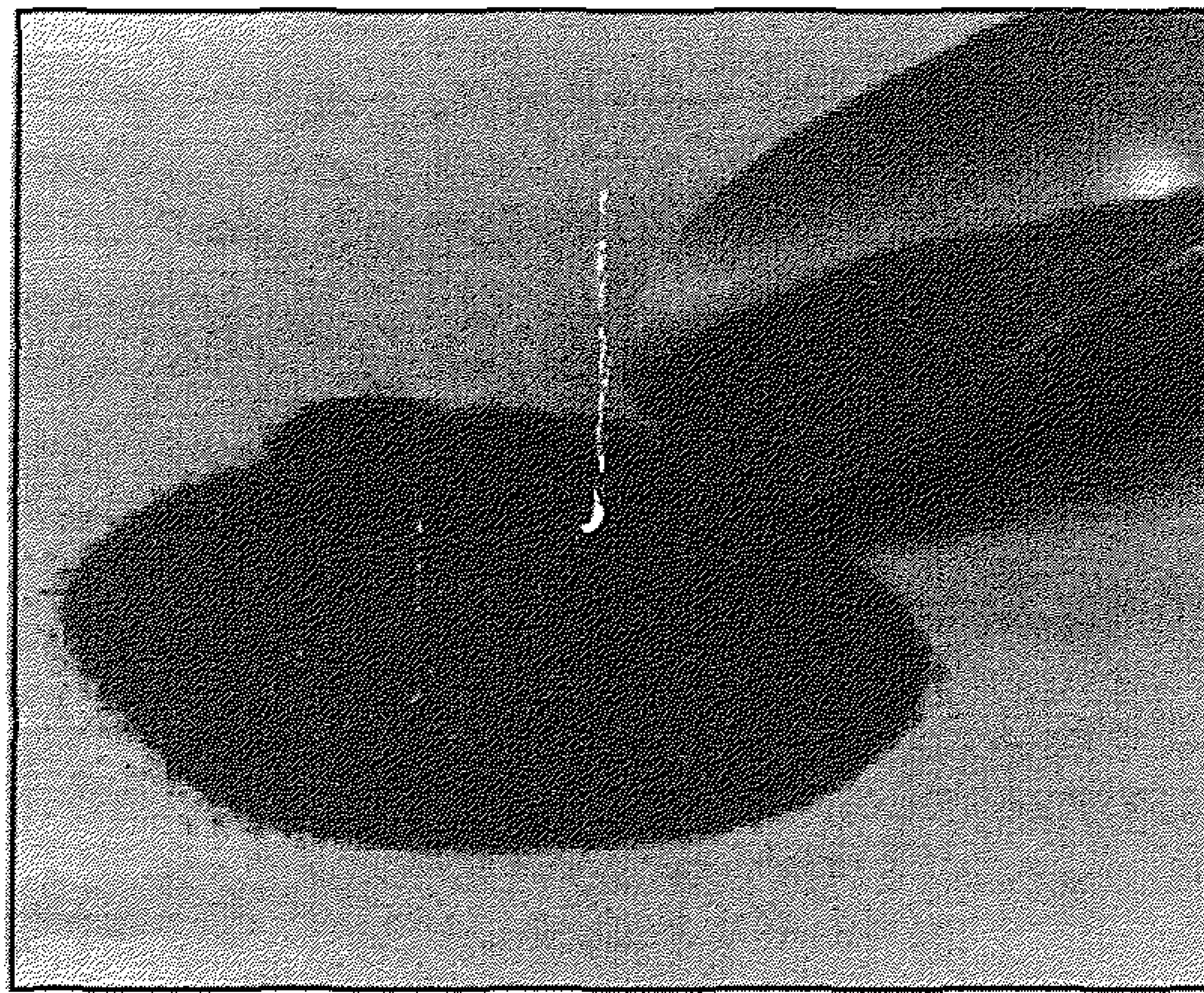
1.1.3.1 المزج (Blending) .

إن أول عملية يتم إنجازها بعد عملية إختزال مركبات التنكستن إلى مسحوق معدن التنكستن هي الطحن (*Milling*) للتنكستن والكاربون السابق لعملية الكربنة. يضاف (94٪) نسبة وزنية من التنكستن إلى (6٪) نسبة وزنية من الكاربون ويتم خلطها سوية في خلاط دوار أو طاحونة كروية، ويجب أن تتم عملية الخلط تحت ظروف مسيطر عليها بعناية حتى يتم التأكد من إنتشار الكاربون في التنكستن. أداة مزج الكاربيد تُعرف بطاحونة الكرات (*Ball Mill*) وهي موضحة في الشكل رقم (1-2).



الشكل رقم (1-2): أداة مزج الكاربيد(طاحونة الكرات)

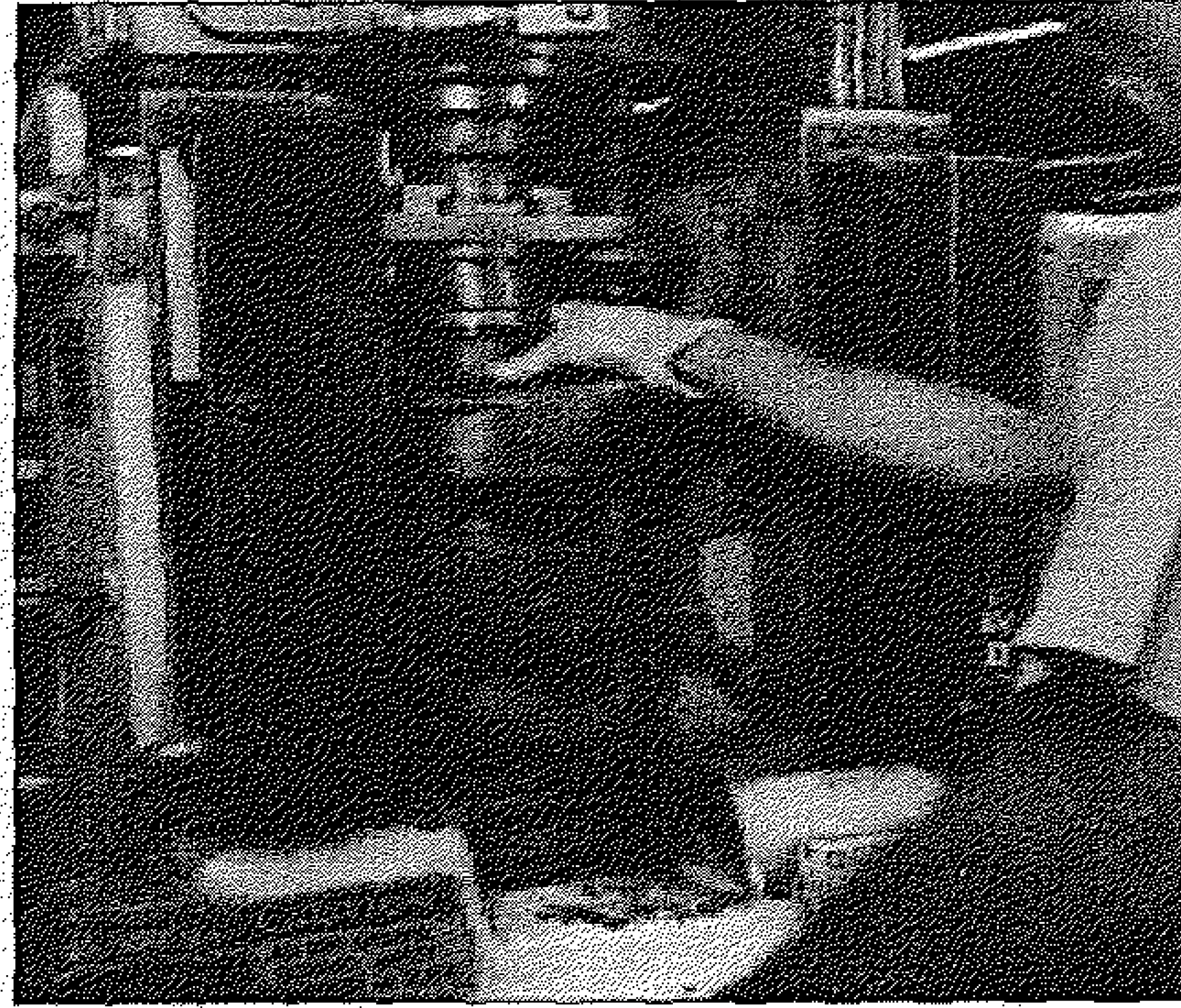
يتم إضافة الكوبالت كعامل ربط إلى كاربيد التنكستن لإكسابه المقاومة الضرورية ويطحن الخليط لعدة أيام لتشكيل خليط دقيق جداً. وكما ذكرنا يجب أن تكون ظروف الخلط مسيطر عليها ومنها وقت المزج حتى يتم الحصول على تجانس في المنتوج. والشكل رقم (1-3) يوضح مزيج كاربيد التنكستن.



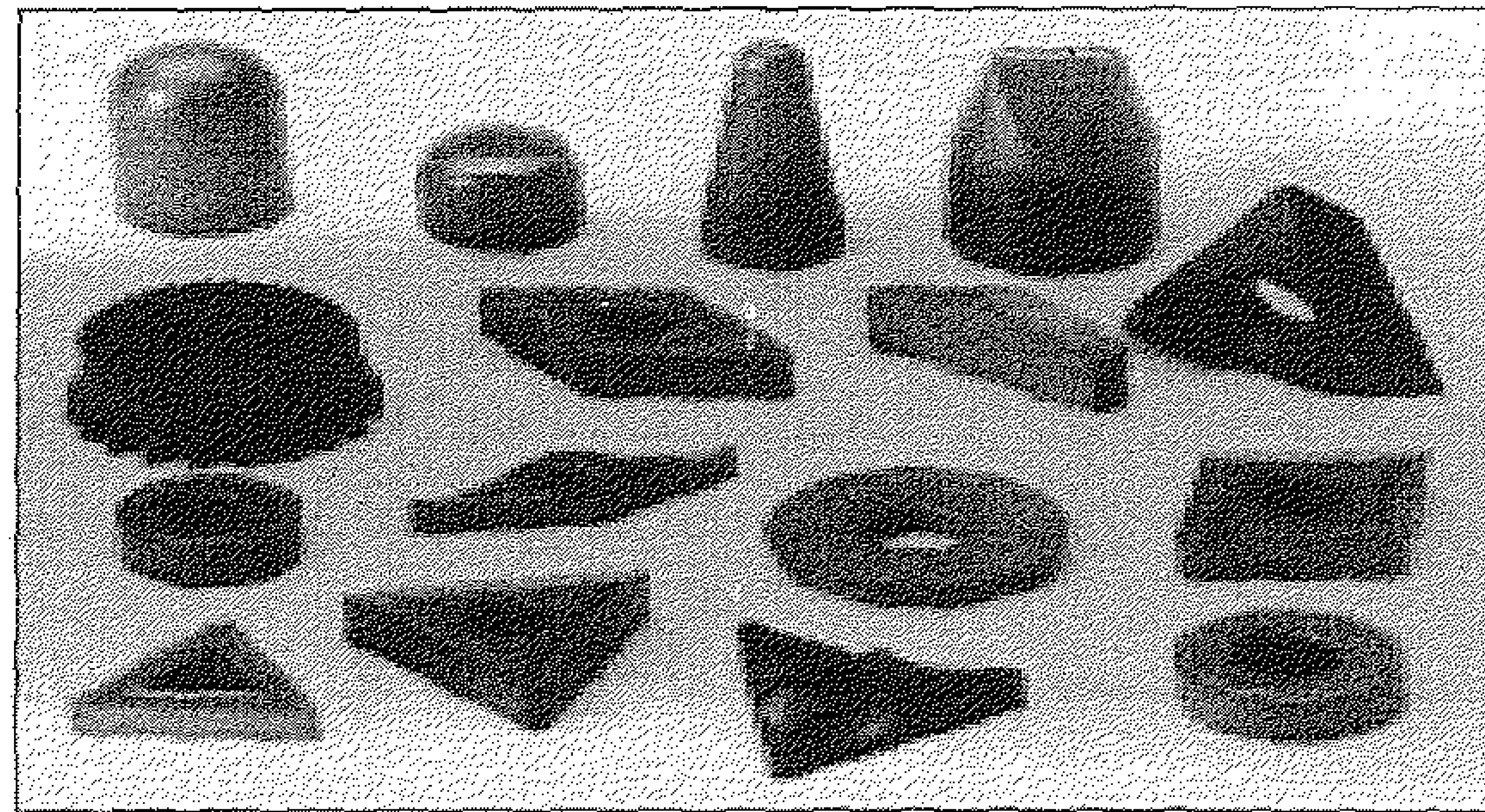
الشكل رقم (1-3): مزيج كاربيد التنكستن

2.1.3.1 الكبس (Compacting) .

من أكثر طُرق الكبس شيوعاً للمساحيق هي إستخدام قالب بنفس شكل المنتوج النهائي المطلوب. ويجب أن يكون حجم القالب أكبر من حجم المنتوج للسماح للأبعاد بالإنكماش الذي يحصل في عملية التلبيد النهائي. تكون قوالب الكبس باهضة الثمن وتبطن عادة بكاربيد التنكستن. تُعرف أداة كبس الكاربيد بعمود الكبس (*Pill Press*) والمبين في الشكل رقم (1-4) ، الأجزاء المنتجة بواسطة عمود الكبس مبينة في الشكل رقم (1-5). إذا كانت الكميات المنتجة ليست كبيرة فأنه يمكن كبس كتله معدنية كبير ومن ثم تقطيعها (عادة بعد التلبيد الأولي) إلى الشكل المطلوب والشكل رقم (1-6) يوضح بعض الأجزاء المنتجة بهذه الطريقة. الضغط المستخدم قي عمليات الكبس البارد هو بحدود(30,000 *PSI*).

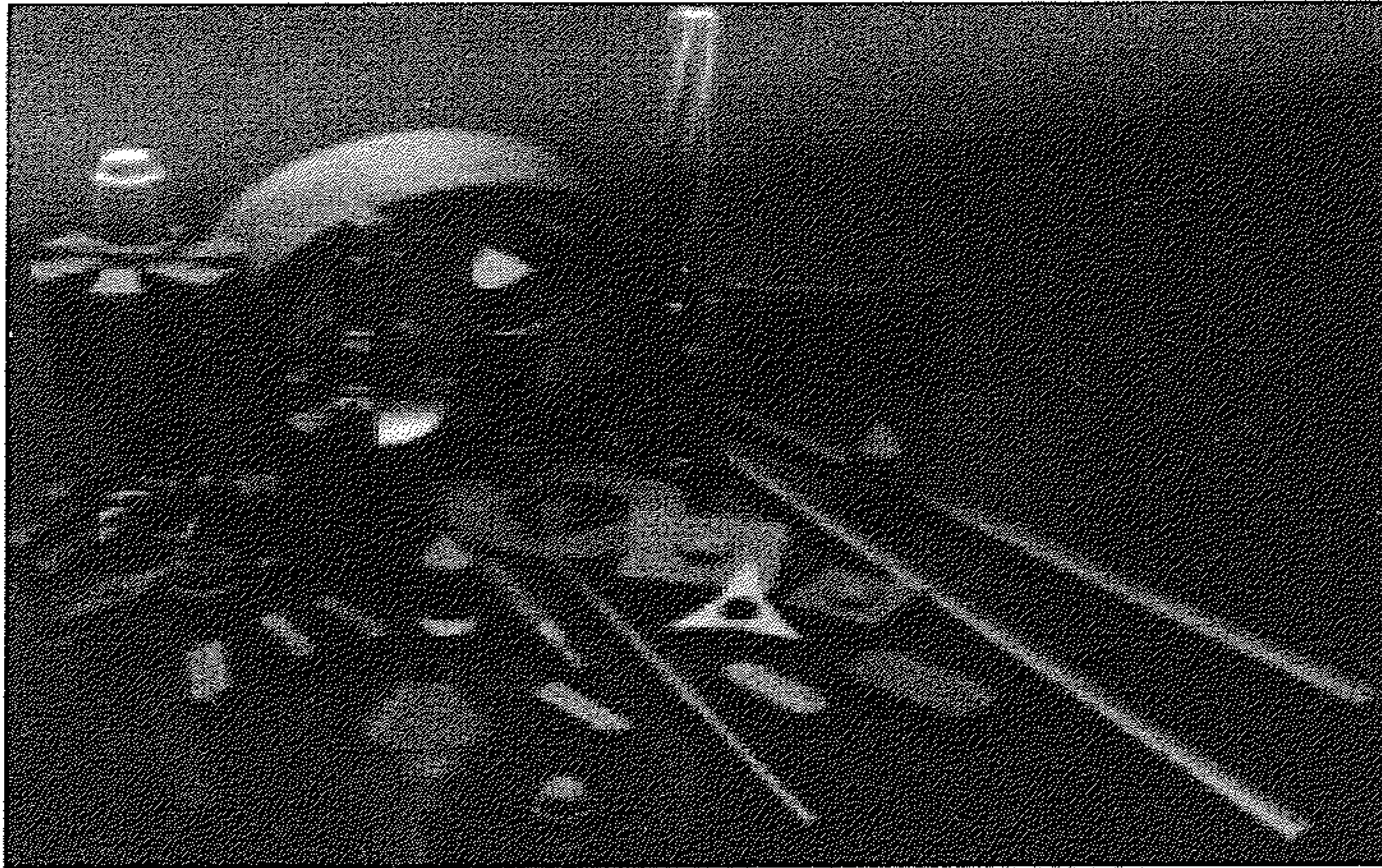


الشكل رقم (1-4): أداة كبس الكاربيد (عمود الكبس)



الشكل رقم (1-5): مكبوسات كاربيد

الطريقة الثانية للكبس هي الكبس الساخن (*Hot Pressing*) في قوالب من الكرافيت عند درجة حرارة التلبيد (*Sintering Temperature*) . وبسبب كون قوالب الكرافيت قابلة للتمدد ، لذلك فأن هذا النظام من الكبس يستخدم للأجزاء الكبيرة التي لايمكن إنتاجها بالكبس البارد والتلبيد. الطريقة الثالثة في الكبس هي الكبس متوازن الضغط (*Isostatic Pressing*) ، تستخدم هذه الطريقة عادة للقطع الكبيرة. يتم وضع المسحوق داخل حاوية مرنة مغلقة بعدها تعلق هذه الحاوية في سائل في وعاء ضغط . يرتفع الضغط في السائل للنقطة التي عندها يكبس المسحوق للشكل المناسب. يتوزع الضغط المسلط على المسحوق للشكل المناسب ، يتوزع الضغط المسلط على المسحوق بالتساوي وفي كل الإتجاهات منتجاً مكبوسات منظمة الكثافة.



الشكل رقم (1-6): الأجزاء المنتجة بواسطة كبس كتلة كبيرة وتقطيعها

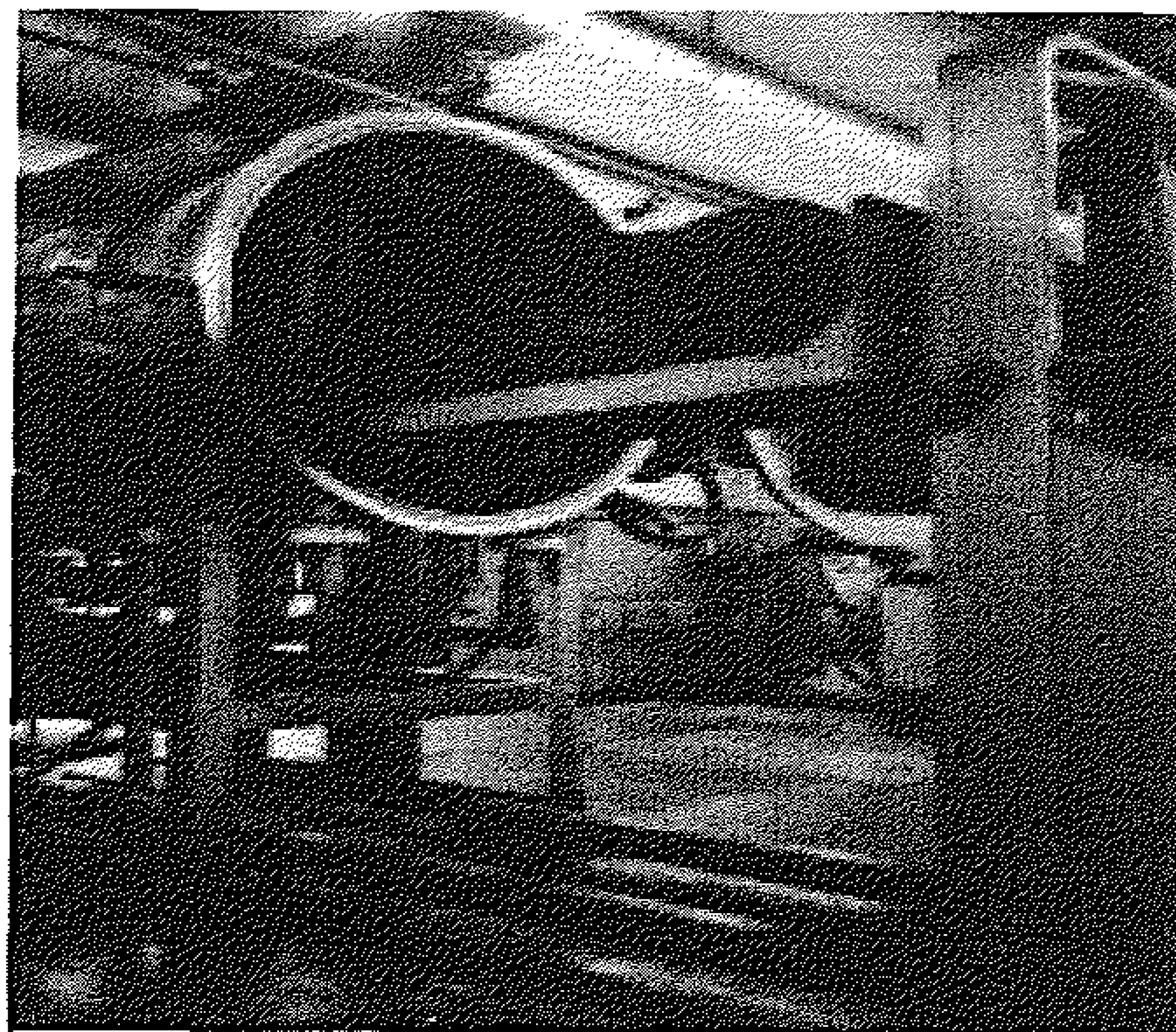
3.1.3.1 التلبيد (Sintering) .

يتم إنجاز عملية تلبيد مكبوسات التنكستن - كوبالت ($Co - WC$) مع الكوبالت كمادة رابطة في الطور السائل. يتم تسخين المكبوس في جو من الهيدروجين أو داخل فرن معزول عن الهواء لمدى حراري يتراوح بين ($2900F^{\circ}$ - $2500F^{\circ}$) إعتماداً على التركيب . يجب أن تتم السيطرة على كل من

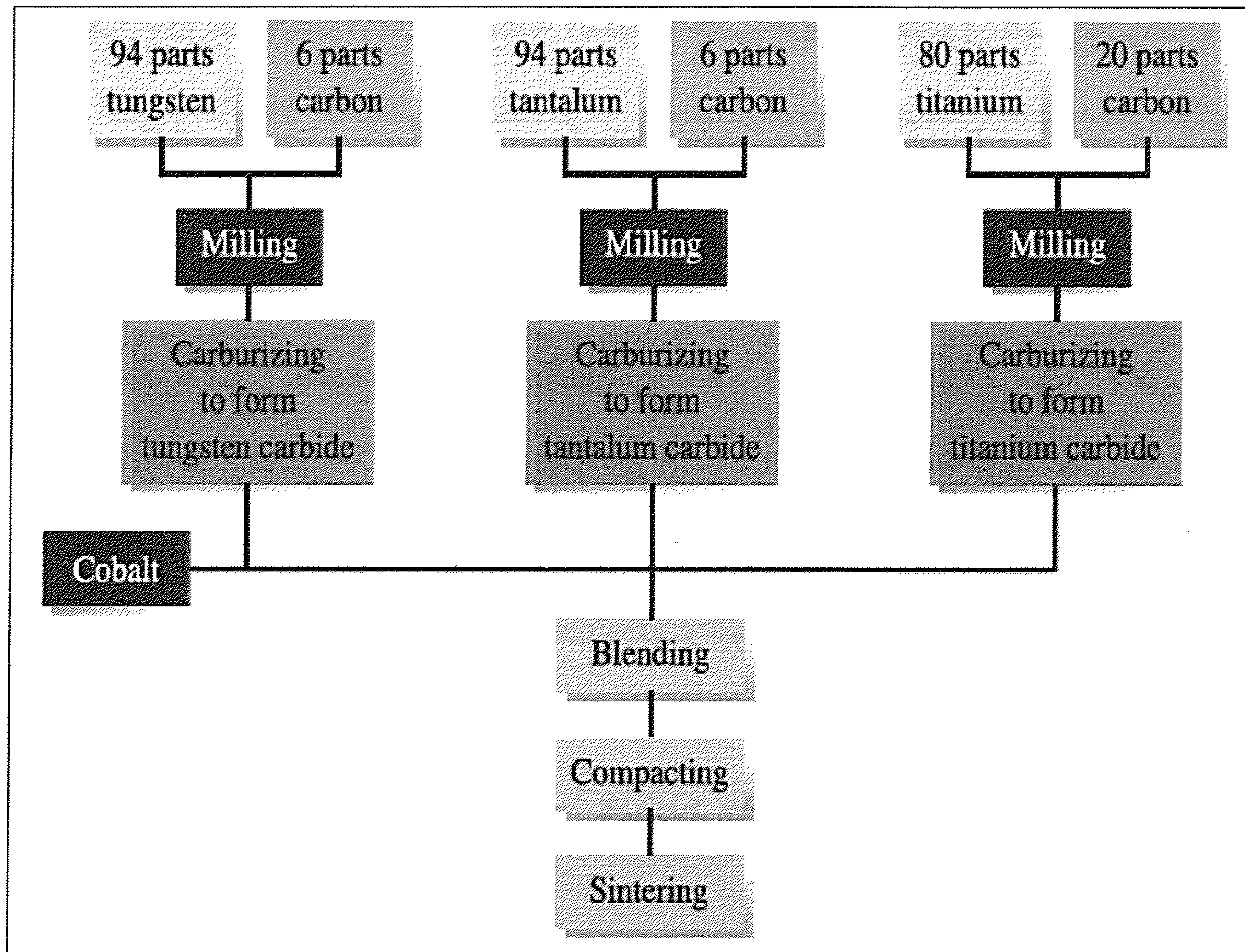
عامل الزمن ودرجة الحرارة في عملية التلبيد حتى يتم الحصول على سيطرة مثلى على الخواص والأبعاد الخاص بالمكبوس، حيث سوف يحصل إنكماش في أبعاد المكبوسات الخطية بنسبة (16٪) أو (40٪) من الحجم. مقدار الإنكماش المضبوط يعتمد على عِدة عوامل كالحجم الحُبيبي للمسحوق وتركيبه.

السيطرة على حجم وشكل المكبوس هو الأكثر أهمية وهو الأقل تنبئاً به أثناء دورة التبريد. هذه حقيقة خصوصاً مع التراكيب التي تحتوي على نسبة عالية من الكوبالت. الكوبالت هو أقل كثافة من التنكستن، لذلك سوف يمثل الجزء الأكبر من الحجم مما سوف يظهر بواسطة نسبة محتوى الكوبالت. وبسبب محتوى الكوبالت الأعلى بكثير للنسبة المئوية للكتلة في الطور السائل، لذلك يجب أن تكون هناك عناية فائقة للسيطرة والتنبؤ بمقدار وإتجاه الإنكماش.

الشكل رقم (1-7) يبين أجزاء الكاربيد المحملة إلى داخل فرن التلبيد، أما الشكل رقم (1-8) فيوضح تصنيع كاربيد التنكستن المسمنت.



الشكل رقم (1-7): أجزاء الكاربيد المحملة إلى داخل فرن التلبيد



الشكل رقم (1-8): مخطط يوضح خطوات عملية تصنيع كاربيد التنكستن المسمنت

2.3.1 تصنيف العُدد الكاربيدية (Classification of Carbide Tools).

تصنف منتجات الكاربيدات المسمنتة إلى ثلاث مجاميع رئيسية هي :

1- **مجاميع البلى** (Wear Grades).

تستخدم هذه المجاميع بشكل أساسي في القوالب، موجهات العُدة والآلة، الدلائل الخطية على قصبات صيد السمك والبكرات، وأي مكان يحتاج فيه إلى مقاومة بلى جيدة.

2- **مجاميع الصدمة** (Impact Grades).

تستخدم كذلك للقوالب وخصوصاً قوالب السبك والتشكيل وفي العُدد مثل رؤوس مثقب التعدين.

3- **مجاميع عُدد القطع** (Cutting Tool Grades).

مجاميع عُدد قطع الكاربيدات المسمنتة تقسم إلى مجموعتين إعتماداً على تطبيقها الأساسي وهي :

المجموعة الأولى : تستخدم للمواد غير المطيلية وهي حديد الزهر وتسمى كاربيد حديد الزهر (*Cast Iron Carbide*).

المجموعة الثانية: تستخدم للمواد المطيلية وتسمى صنف كاربيد الفولاذ . *Steel Grade*) (*Carbide*

كاربيدات حديد الزهر يجب أن تكون أكثر مقاومة للبلى الحكي (*Abrasive wear*).أما كاربيدات الفولاذ فتتطلب مقاومة أكبر للتحفر والحرارة . تختلف صفات البلى من معدن إلى آخر لذلك تكون الحاجة إلى عُدد مختلفة الخواص. إن الإحتكاك العالي لحديد الزهر يسبب غالباُ بلى حافة العُدة (*Edge Wear*). طول رايش الفولاذ والذي يتبع مقطع العُدة عند سرعات القطع العالية العمودية يتسبب غالباً بالتحفر والتشوه الحراري للعُدة.

صفات بلى العُدة وتشكيل الرايش سوف يتم مناقشتها في الفصل الثاني. من المهم إختيار وإستعمال صنف الكاربيد الصحيح لكل تطبيق عملي . هنالك عوامل عديدة تجعل كل واحد من أصناف الكاربيد مختلف عن الآخر مما يجعله مناسباً لتطبيق معين. في بعض الأحيان تُبدي الكاربيدات تشابهاً فيما بينها ولكن الفرق بين إختيار الكاربيد الصحيح أو الخاطئ لإداء عمل معين قد يعني الفرق بين النجاح والفشل .

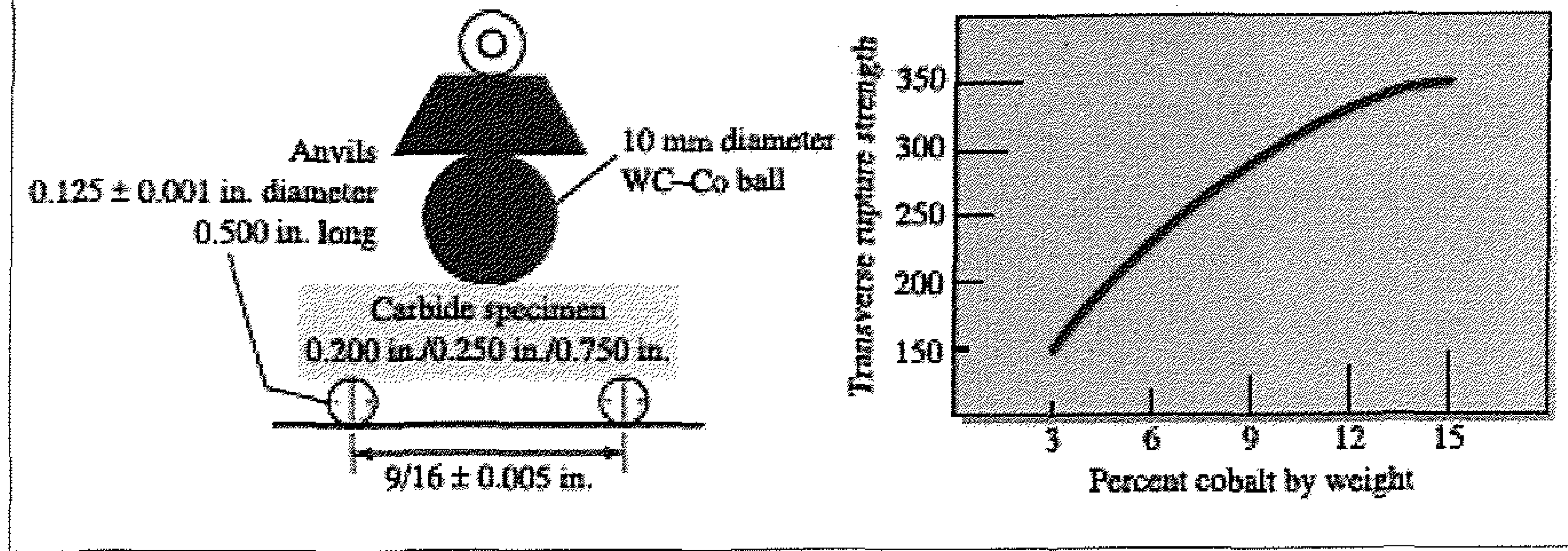
يعتبر كاربيد التنكستن النقي هو الأساس للعُدد الكاربيدية وغالباً ما يُستخدم كما هو بدون إضافات وخصوصاً عند تشغيل حديد الزهر، بسبب صلادة كاربيد التنكستن العالية ومقاومته للبلى الحكي، لذلك توجد كميات كبيرة من هذا الكاربيد في كل أصناف مجموعتي القطع . من أكثر الإضافات السبائكية إلى مادة التنكستن/كوبالت الأساسية هي كاربيد

التنتاليوم وكاربيد التيتانيوم. تضاف هذه الكاربيدات إلى بعضها لتُكون سبائك تُستخدم في عُدد القطع في أصناف الفولاذ، بينما في أصناف حديد الزهر ربما توجد هذه السبائك. لأنه كما ذكرنا فان كاربيد التنكستن النقي هو أكثر مقاومة للحك لذلك سوف يعمل بشكل أكثر فعالية مع طبيعة الحك لحديد الزهر. إن عملية التسبيك بإضافة كاربيد التنتاليوم وكاربيد التيتانيوم يعطي العديد من الفوائد منها:-

1. الفائدة الأكثر أهمية لكاربيد التيتانيوم هو انه يقوم بخفض ميل العُدة للتحفر من خلال تقليل ميل رايش الفولاذ الطويل لنخر سطح العُدة.
2. يقوم كاربيد التنتاليوم بزيادة الصلادة الساخنة للعُدة، حيث تقوم هذه الصلادة بخفض التشوه الحراري في الخراطة.

إن تغير كمية الكوبالت الرابط في مادة العُدة له تأثير كبير على كل من أصناف العُدد الخاصة بحديد الزهر والفولاذ، حيث إن الكوبالت أكثر حساسية للحرارة من الكاربيد المحيط به، كذلك الكوبالت أكثر حساسية للحك ولحام الرايش (*Chip Welding*) .

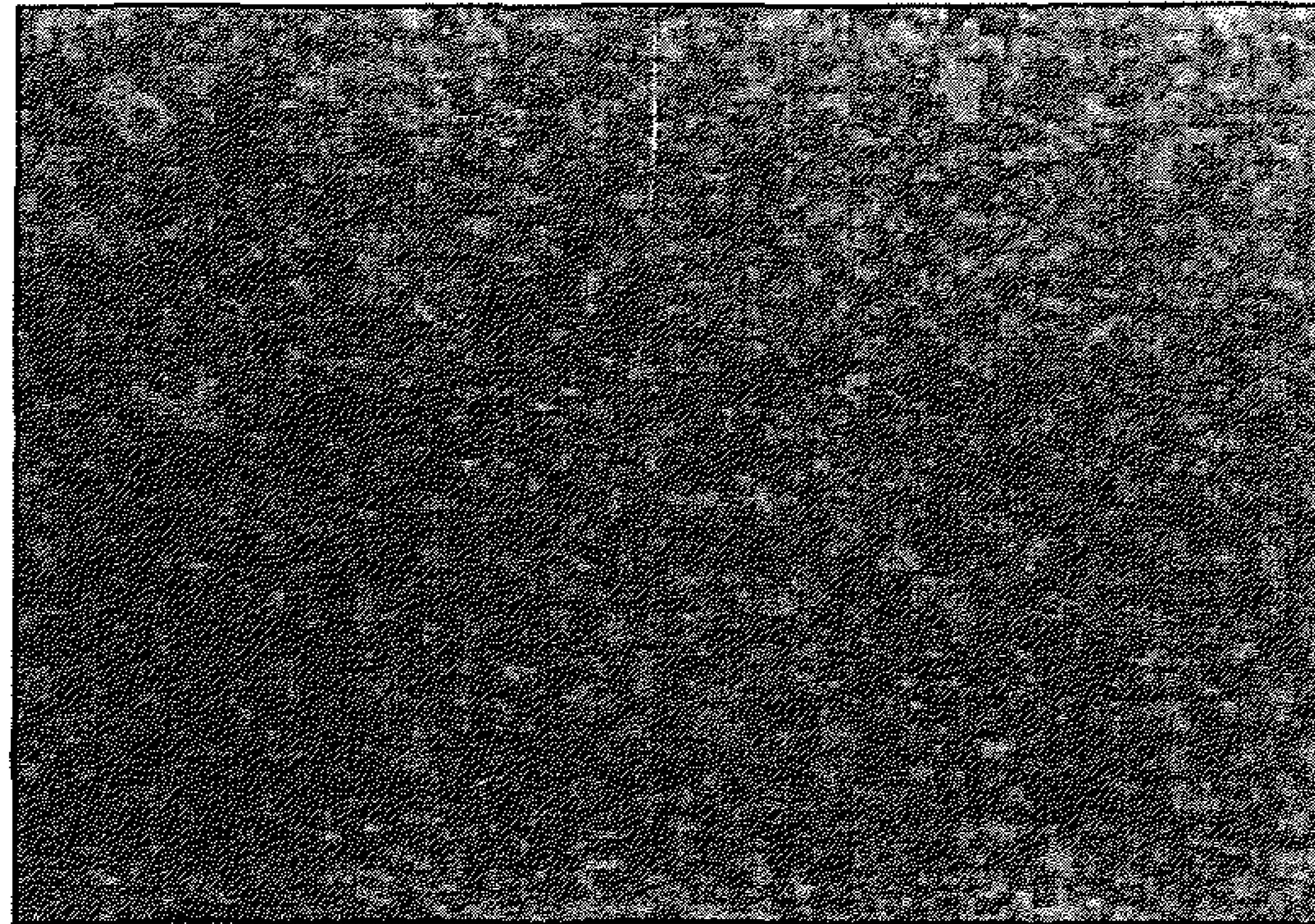
لذلك فأن الكوبالت الكثير يُلدن العُدة ويجعلها أكثر حساسية للتشوه الحراري والبلى الحكي ولحام الرايش والتصفية (*Leaching*) التي تسبب التحفز. من ناحية أخرى، الكوبالت أقوى من الكاربيد، لذلك كثرة الكوبالت تحسن مقاومة العُدة والمقاومة للصدمة. يعبر عن مقاومة العُدة الكاربيدية بمصطلح " مقاومة التمزق المستعرض " (*Transferse Rupture Strength- TRS*) والشكل رقم (a-9-1) يوضح كيفية قياس مقاومة التمزق المستعرض أما الشكل رقم (b-9-1) يوضح علاقة مقاومة التمزق المستعرض لمحتوى الكوبالت.



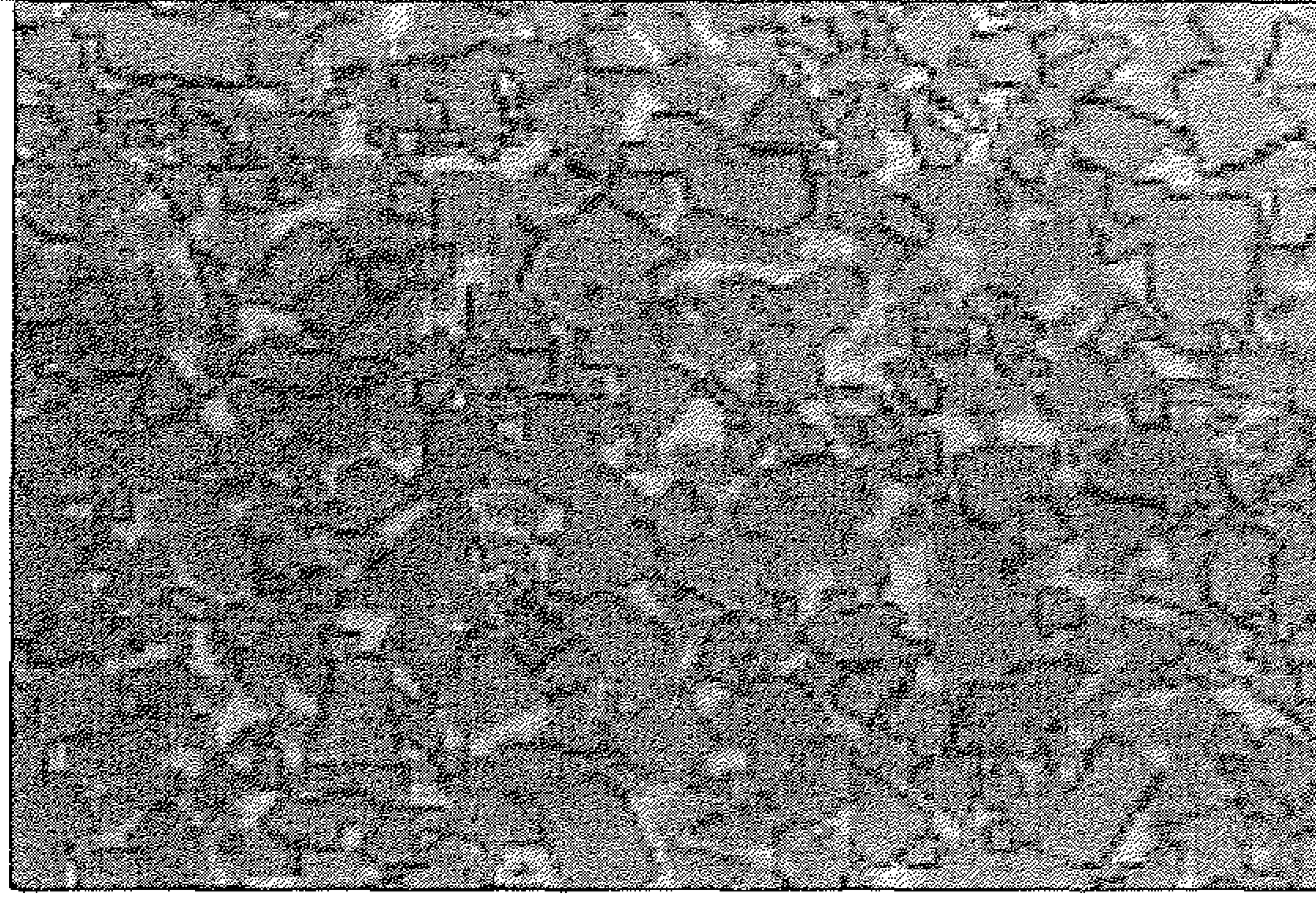
الشكل رقم (1-9): a - طريقة قياس مقاومة التمزق المستعرض

b- علاقة TRS بمحتوى الكوبالت

الفرق الثالث بين أصناف عُدد قطع حديد الزهر والفولاذ هو الحجم الحبيبي للكاربيد *Carbide*) (*Grain Size* . تتم السيطرة على حجم الحبيبات بواسطة عملية الطحن بالكرات. بشكل عام تعطي الحبيبات الصغيرة صلادة أكبر للعُدة ولكن هنالك استثناءات مثل الحبيبات المجهرية ولكن حبيبات الكاربيد الكبيرة نسبياً تجعل العُدة أقوى والأشكال (1-10) ، (1-11) توضح حجم الحبيبات الكاربيد بأحجام مختلفة.



الشكل رقم (1-10): الحجم الحبيبي لكاربيد التنكستن +10٪ كوبالت وحجم (0.8 μm) وقوة تكبير 1500X



الشكل رقم (1-11): الحجم الحبيبي لكاربيد التنكستن +10٪ كوبالت وحجم (7 µm) وقوة تكبير 1500X

في طريقة التصنيف (*C*) والمبينة في الشكل رقم (1-12)، الأصناف (*C*-1) إلى (*C*-4) تُستخدم لحديد الزهر والأصناف (*C*-5) إلى(*C*-8) تُستخدم للفولاذ. أعلى رقم للتصنيف(*C*) في كلا المجموعتين يعني أعلى صلادة للصنف أما أدنى رقم فيعني أقوى صنف. الأصناف الأصلد تستخدم لتطبيقات القطع الخاصة بالإنهاء السطحي، أما الأصناف الأقوى فتستخدم لتطبيقات القطع الخشن (*Rough Cut Application*). يقوم العديد من المصنعين بتوزيع جداول توضح الأصناف التي ينتجونها من عُدد القطع ومقارنتها مع منتجات المصنعين الآخرين.

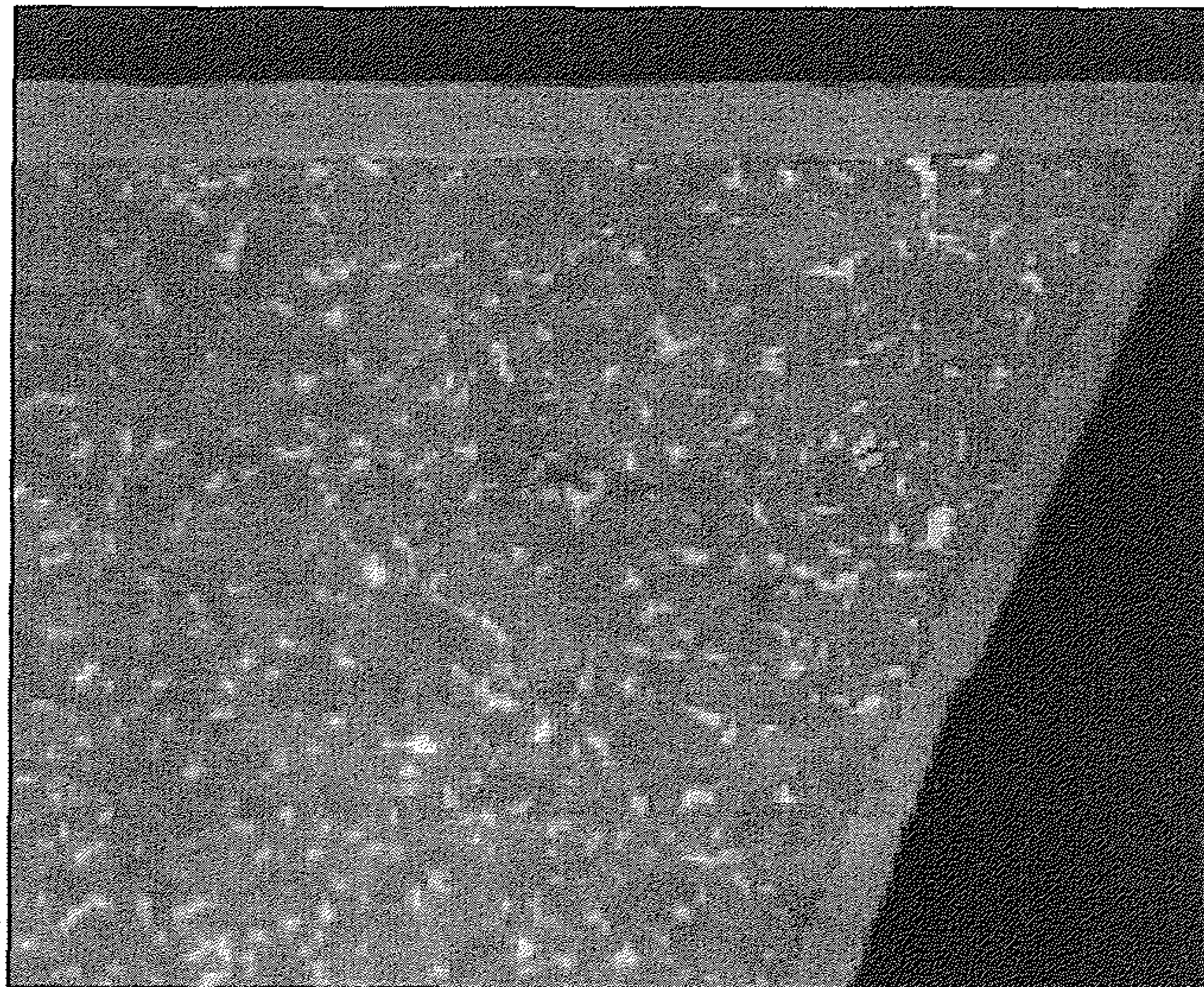
3.3.1 العُدد الكاربيدية المطلية (Coated Carbide Tools).

لقد وجدت الكاربيدات المطلية أواخر عام (1960) ولكنها لم يتم إستغلال كامل طاقتها ومميزاتها إلا في أواسط عام (1970). لم تكن الكاربيدات الأولى التي تم إنتاجها سوى أصناف أو مراتب كاربيدية قياسية تم تعريضها لعملية الطلاء، ولكن مع إزدياد الخبرة في مجال طلاء الكاربيدات بدأ المصنعون يدركون بأن الكاربيد المطلي هو أفضل من الكاربيد الأساسي الموجود تحت طبقة الطلاء (يُعرف بالطبقة التحتية). إن الكاربيدات المطلية

تفوق أي عُدة غير مطلية من حيث الانجاز إذا أُستخدمت في العمل الصحيح مع حافة قطع صحيحة. الشكل (1-13) يوضح التركيب المجهري لكاربيد مطلي.

Classification Number	Materials to be Machined	Machining Operation	Type of Carbide	Characteristics Of		Typical Properties	
				Cut	Carbide	Hardness H-Ra	Transverse Rupture Strength (MPa)
C-1	Cast iron, nonferrous metals, and nonmetallic materials requiring abrasion resistance	Roughing cuts	Wear-resistant grades; generally straight WC-Co with varying grain sizes	Increasing cutting speed ↓ ↑ Increasing feed rate	Increasing hardness and wear resistance ↓ ↑ Increasing strength and binder content	89.0	2,400
C-2		General purpose				92.0	1,725
C-3		Finishing				92.5	1,400
C-4		Precision boring and fine finishing				93.5	1,200
C-5	Steels and steel-alloys requiring crater and deformation resistance	Roughing cuts	Crater-resistant grades; various WWC-Co compositions with TIC and/or TaC alloys	Increasing cutting speed ↓ ↑ Increasing feed rate	Increasing hardness and wear resistance ↓ ↑ Increasing strength and binder content	91.0	2,070
C-6		General purpose				92.0	1,725
C-7		Finishing				93.0	1,380
C-8		Precision boring and fine finishing				94.0	1,035

الشكل رقم (1-12): التصنيف، التطبيق، الصفات، والخواص النموذجية لأصناف عُدد قطع المعادن الكاربيدية



الشكل رقم (1-13): التركيب المجهري للقُمة كاربيدية مطلية

(قوة تكبير X1500)

تُستخدم اليوم أنواع كثيرة لمواد الطلاء كل واحد منها يخدم تطبيق معين، والشيء المهم في ذلك هو ملاحظة الإمكانيات التي توفرها الكاربيدات المطلية . إن أكثر مواد الطلاء شيوعاً هي :

1- الطلاء بكاربيد التيتانيوم (Titanium Carbide) .

ويعتبر أكثر أنواع الطلاء إستخداماً ، حيث يستخدم لطلاء مواد مختلفة تستخدم في قطع مختلف المواد تحت ظروف متنوعة. يسمح الطلاء بكاربيد التيتانيوم بإستخدام سرعات قطع عالية بسبب مقاومته العالية للبلى الحكي والتحفز ومقاومته العالية للحرارة .

2- الطلاء بنتريد التيتانيوم-اللون الذهبي (Titanium Nitride- Gold Color) .

يستخدم نتريد التيتانيوم في طلاء مواد مختلفة. إن الميزة الأساسية لنتريد التيتانيوم هي مقاومته للتحفز (*Cratering*). تحصل بعض الزيادة في مقاومة البلى الحكي عند الطلاء بنتريد التيتانيوم وتحصل زيادة هامة في مقاومة الحرارة مما يسمح بإستخدام سرعات قطع عالية كذلك يعتبر نتريد التيتانيوم أكثر إنزلاقية (*Slippery*) مما يسمح للرايش بالمرور فوقه عند السطح البيني للقطع مع إحتكاك قليل .

3- الطلاء بالسيراميك- اللون الأسود (Ceramic -Black Color) .

بسبب الصلادة العالية والهشاشة المرتفعة لأوكسيد الألمنيوم (السيراميك) فهو غير مثالي لعمليات القطع غير المستمرة ، القطع القشري ، النقاط الصلدة في القطعة المشغلة ، ولكن هذا لايعني عدم إمكانية إستخدامه تحت الظروف ولكنه يمكن أن يتعرض بنسبة أكبر للفشل بواسطة التشظي . ورغم هذه المحددات يحتل أوكسيد الألمنيوم أكبر نسبة لطلاءات الكاربيدات. يسمح سيراميك أوكسيد الألمنيوم بالتشغيل في سرع قطع أعلى من بقية الكاربيدات

المطلية بسبب مقاومته المميزة للبلى الحكي ومقاومته للحرارة والتفاعل الكيميائي .

4- **الطلاء بالماس** (Diamond) .

التطور الحديث الذي حصل في طلاء العُدد الكاربيدية هو استخدام الماس متعدد البلورات كطلاء هذه العُدد المصنعة من كاربيد التنكستن . إن المشاكل الموجودة والتي تم أخذها بنظر الإعتبار في هذا النوع من الطلاء هي التصاق طبقة الماس بالمادة التحتية وكذلك الفرق في معامل التمدد الحراري بين الماس والمادة التحتية . يمكن إستخدام طريقة الترسيب الكيميائي للبخار أو الترسب الفيزيائي للبخار في تكوين الطبقة الرقيقة من الماس على المادة التحتية. إن العُدد المطلية بالماس فعالة أكثر في تشغيل المواد الحاكة، مثل سبائك الألمنيوم التي تحتوي على السليكون. المواد المقواة بالألياف والكرافيت. باستخدام الطلاء بالماس حصل تحسن كبير في عمر العُدة ولأكثر من عشرة أضعاف عما هو عليه في العُدد المطلية الأخرى.

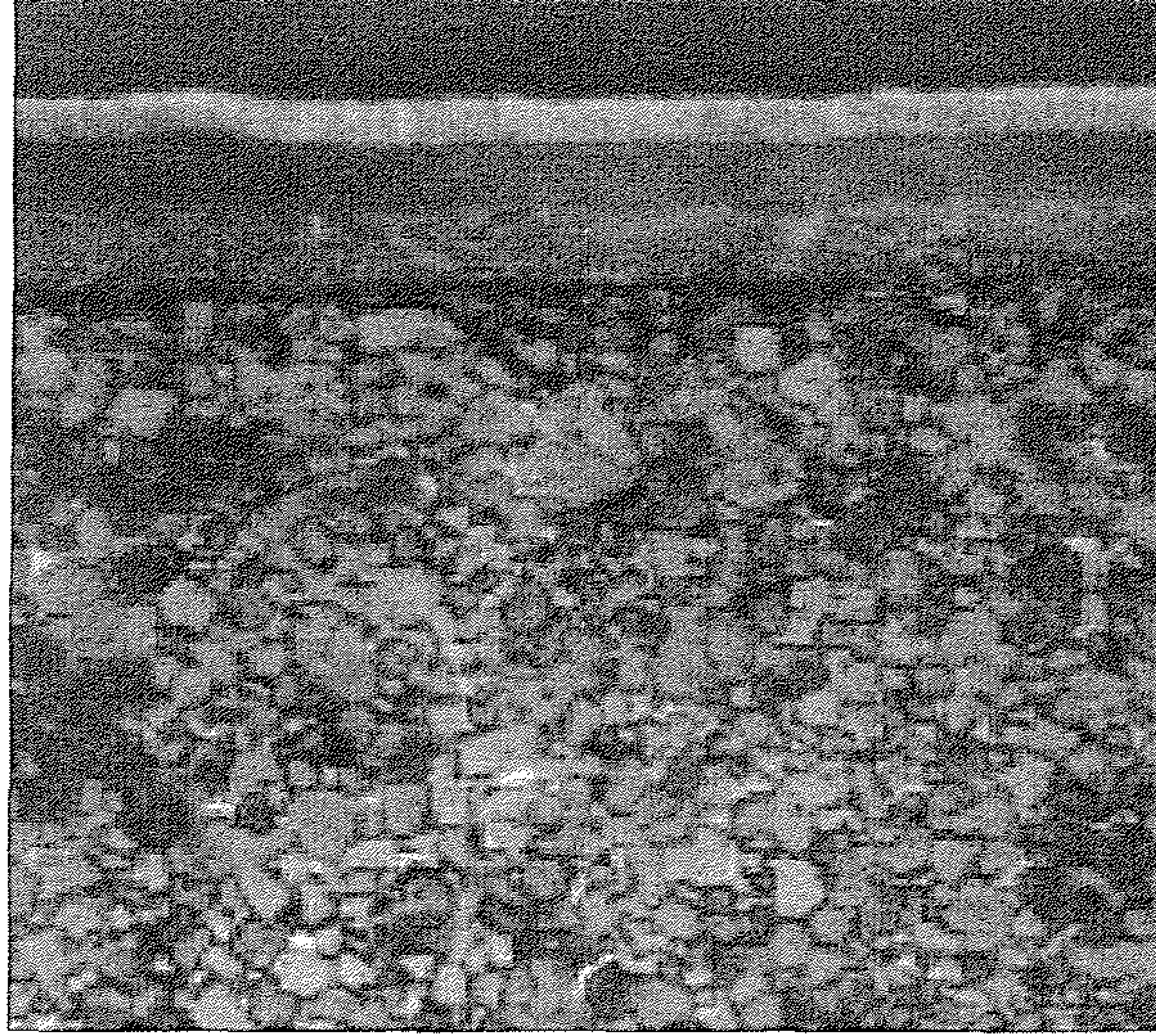
5- **كاربو - نتريد التيتانيوم (طبقات الطلاء الثنائية سوداء اللون)** .(Titanium Carbo-Nitride)

يظهر كاربو نتريد التيتانيوم كطبقة وسطية لأثنين أو ثلاثة أطوار طلاء. إن قاعدة تكون كاربو نتريد التيتانيوم تقوم على أساس قيام أحد المتعادلين بمساعدة طبقات الأخرى لترتبط في تركيب يشبه الطبقة البينية *(Sandwich Like Structure)* (الشكل رقم (1-14)).

تم تطوير تراكيب أخرى ثنائية الطبقة لإستخدامها في تشغيل الفولاذ المقاوم للصدأ بكفاءة وكذلك في تشغيل السبائك المستخدمة في تطبيقات الفضاء. الطلاءات ذات أساس الكروم مثل كاربيد الكروم تؤثر في تشغيل المعادن اللينة مثل الألمنيوم، النحاس، والتيتانيوم. الكاربيدات المطلية ليست دائماً تفوق الأصناف أو المراتب غير المطلية من حيث الإنجاز ولكن بسبب المزايا التي

تقدمها هذه العُدد المطلية فيجب دائماُ وضعها في الإعتبار الأول عند إختيار عُدة القطع. عند إجراء مقارنة الكلفة بين الكاربيدات المطلية وغير المطلية سوف يكون هناك فرق قليل عند الأخذ بنظر الإعتبار مزايا الكاربيدات المطلية.

إضافة إلى إستخدام مزيج ثنائي الطبقة من مواد الطلاء أعلاه . التركيب المجهري لكاربيد مطلي بطبقة ثنائية موضحة في الشكل رقم (1-14).



الشكل رقم (1-14): التركيب المجهري للُقمة كاربيدية

مطلية ثنائية الطبقة للطلاء (X1500)

بشكل عام، يتم إنجاز عملية الطلاء بواسطة عملية تدعى الترسب الكيميائي للبخار*Chemical*) (*Vapor Deposition-CVD* ، حيث يتم وضع الطبقة التحتية المراد طلائها في وعاء مسيطر على أجواءه ويمتلك درجة حرارة عالية بعد ذلك يتم إدخال مادة الطلاء إلى الوعاء على شكل بخار كيميائي. مادة الطلاء تسحب وتترسب على الطبقة السفلية المراد طلاءها بواسطة حقل مغناطيسي حول الطبقة السفلية .

ويستلزم للحصول على طبقة طلاء بسمك ("0.002 - "0.0003) المكون في الوعاء عدة ساعات. الطريقة الأخرى المتبعة في الطلاء هي الترسيب الفيزيائي

للبخار (PVD). وبسبب كون الكاربيدات المطلية هي أكثر مقاومة للبلى الحكي، التحفز، والحرارة، وبسبب كونها أكثر مقاومة لتشغيل المادة المتراكبة عند سرع قطع واطئة، فأن عُمر العُدة سوف يزداد، كذلك يحصل إختزال في كلفة إستبدال العُدة. تسمح الكاربيدات المطلية بالتشغيل عند سرعات عالية، كذلك تقلل كلف الإنتاج. تمتلك جميع الكاربيدات المطلية حافة صقل لمنع تكون الحافة المتراكمة (*build-up*) أثناء عملية الطلاء. تكون الحافة الصقيلة عادة خفيفة جداً وتزيد عُمر العُدة.

4.1 عُدد السيراميك والسرميت (Ceramic & Cermet Tools).

مادة سيراميك أوكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) المستخدمة لأغراض عُدد القطع طُورت أول مرة في ألمانيا حوالي عام (1940)، ومنذ ذلك الحين كانت تتقدم ببطئ كمواد عُدد، ولكن التقدم الكبير حصل منذ أواسط العام (1970) حيث حصلت تحسنات كبيرة في إستخداماتها ومنافعها. السرميت هو مزيج من السيراميك وكاربيد التيتانيوم. كلمة سرميت مشتقة من الكلمات سيراميك ومعدن (***Cer**amic*),(***Met**al*).

1.4.1 عُدد القطع السيراميكية (Ceramic Cutting Tool).

السيراميكيات هي مواد لامعدنية وهذا الشيء يضعها في مجموعة مختلفة كلياً عن عُدد فولاذ السرعات العالية ومواد العُدد الكاربيدية. إن إستخدام السيراميكيات كمواد عُدد قطع يمتلك مميزات ومحددات واضحة. إن تطبيق عُدد القطع السيراميكية محدود والسبب يعود إلى هشاشتها العالية، كذلك مقاومتها للتمزق المستعرض منخفضة جداً وهذا يعني أنها سوف تتكسر بسهولة أكبر عندما تقطع بشكل عنيف أو متقطع، ولكن بشكل عام فأن مقاومة المواد السيراميكية تحت الضغط هي أعلى بكثير من فولاذ السرعات العالية والعُدد الكاربيدية. هنالك نوعين أساسين من المواد السيراميكية هي :

1- **المواد السيراميكية المكبوسة على الساخن** (Hot Pressed) .

عادة تكون سوداء اللون أو رمادية ، تكبس حُبيبات أوكسيد الألمنيوم سوية تحت ضغط عالي للغاية وعند درجة حرارة عالية لتكوين كتلة متماسكة بعد ذلك تقطع هذه الكتلة لحجم لقمة القطع المطلوبة. تمتلك السيراميكيات المكبوسة على الساخن مقاومة تمزق مستعرض عالية.

2- **المواد السيراميكية المكبوسة على البارد** (Cold Pressed) .

يكون لونها عادة أبيض. تكبس حُبيبات أوكسيد الألمنيوم سوية تحت ضغط عالي جداً ولكن تحت درجة حرارة واطئة. يؤخذ المكبوس ويلبد للحصول على الترابط المطلوب وهذا الإسلوب يشبه عملية تصنيع الكاربيد غير إنه ليس هنالك رابط معدني يستخدم مع المادة السيراميكية . تكون المكبوسات على البارد أصلد بشكل طفيف عما هو في المكبوسات على الساخن إلا أن مقاومتها للتمزق المستعرض أقل . الشكل رقم (1-15) يوضح أشكال مختلفة للقم السيراميكية المكبوسة على الساخن والبارد .



الشكل رقم (1-15): أشكال وأحجام متنوعة للُقم سيراميكية مكبوسة على الساخن والبارد

أهم عيوب المواد السيراميكية هو الهشاشة (*Brittleness*) أو المقاومة النسبية (*Strength*) (*Relative* عندما تقارن مع فولاذ السرعات العالية أو العُدد الكاربيدية. يلعب الشكل الهندسي المناسب للعُدد السيراميكية وتحضير الحافة يلعب دوراً هاماً في تطبيق العُدد السيراميكية وتساعد على التغلب على ضعفها. تتميز المواد السيراميكية بمميزات عديدة منها :

1- مقاومة عالية للقطع الخفيف على المواد المشغلة الصلدة جداً .

2- مقاومة عالية جداً للبلى الحكي والتحفر .

3- قدرتها على التشغيل عند سرع تتجاوز (2000 *SFPM*) .

4- صلادتها الساخنة عالية جداً .

5- توصيلها الحراري واطئ .

يمكن إضافة الزركونيوم بنسبة (15٪) إلى العُدد السيراميكية لزيادة مقاومتها ، ولإستخدام العُدد السيراميكية بنجاح يجب أن يكون شكل لقمة القطع وحالة المادة المشغلة وقدرة ماكنة التشغيل. وضع اللُقمة والقطعة المشغلة وظروف التشغيل العامة يجب أن تكون جميعها صحيحة كذلك ثباتية الماكنة العالية ووضعها مهمة في تطبيقات العُدد السيراميكية.

2.4.1 عُدد القطع السرميتية (Cermet Cutting Tools) .

تشابه عملية تصنيع عُدد السرميت العملية المستخدمة في تصنيع السيراميكيات المكبوسة على الساخن. تحتوي عُدد السرميت على (70٪) سيراميك و(30٪) كاربيد التيتانيوم، يكبس هذا المزيج بشكل كتل تحت ضغط عالي جداً وحرارة، بعدها تلبد هذه الكتل وتقطع لأشكال العُدد المطلوبة. بعد ذّلك يتم أجراء عملية تجليخ لحجم اللقمة النهائي وتحضير حافة القطع. مقاومة السرميت أكبر من السيراميكيات المكبوسة على الساخن لذلك

فأن السرميت يستخدم لإنجاز عمليات القطع غير المستمر بشكل أفضل من السيراميك.

عند مقارنة السرميت بالسيراميكيات الصلبة، فأن وجود (30٪) من كاربيد التيتانيوم في بنية السرميت يقلل الصلادة الساخنة والمقاومة للبلى الحكي. الصلادة الساخنة والمقاومة للبلى الحكي للسرميت هي أعلى عند مقارنتها مع فولاذ السرعات العالية والعُدد الكاربيدية.

3.4.1 نتريد السليكون ذو أساس من السيراميكيات (Silicon-Nitride Base Ceramics) .

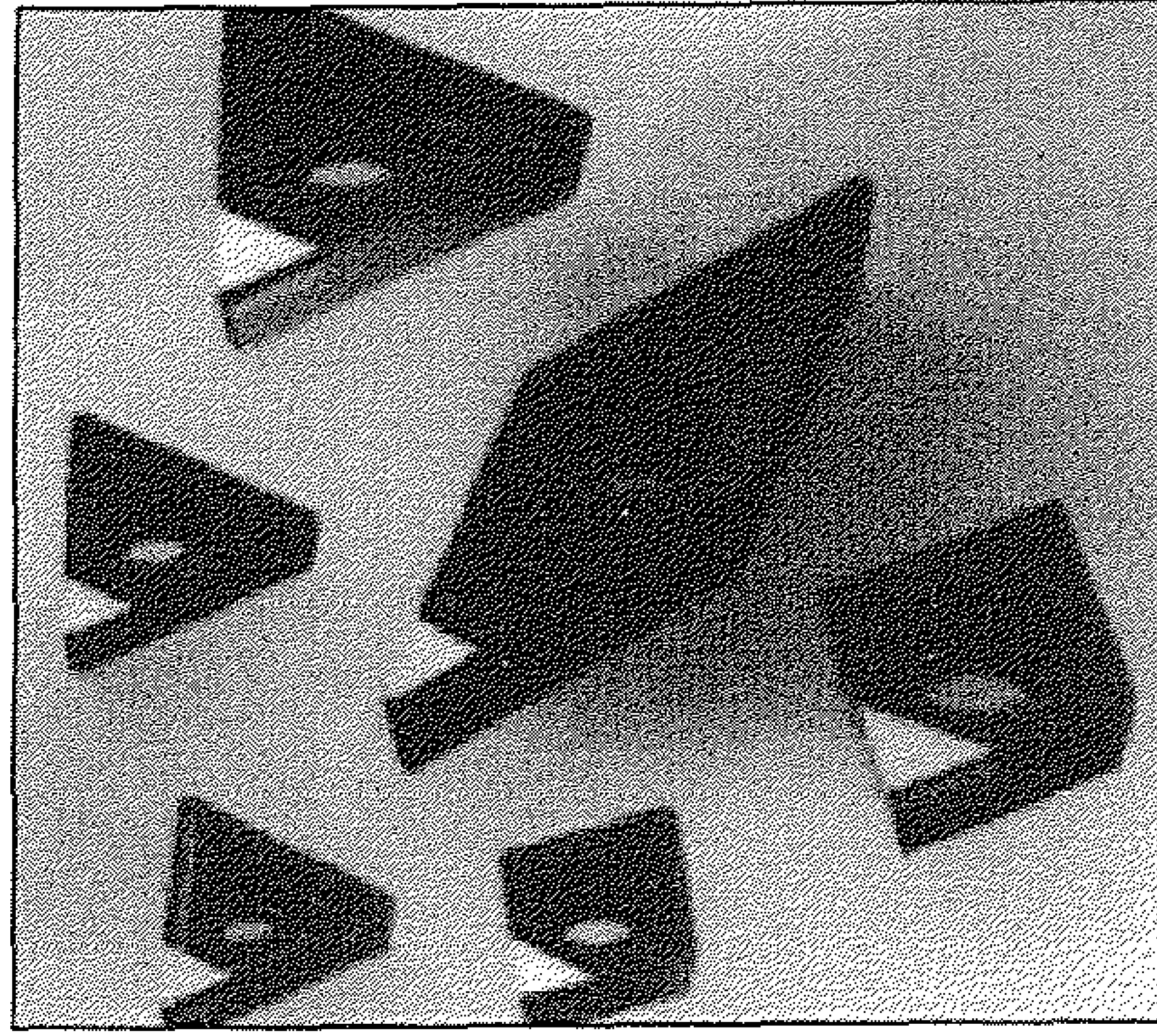
طورت في العام (1970)، تحتوي هذه المواد على نتريد السليكون مع إضافات متنوعة لأوكسيد الألمنيوم، أوكسيد اليتريوم، وكاربيد التيتانيوم. تمتلك أدوات القطع المصنعة من هذه المواد متانة عالية وصلادة ساخنة عالية ومقاومة جيدة للصدمة الحرارية. وكمثال على هذه العُدد المسماة السايلون (*Sialon*) التي يُوصى بها لتشغيل حديد الزهر والسبائك الفائقة ذات أساس من النيكل عند سرعات قطع متوسطة.

5.1 عُدد الماس، نتريد البورون المكعب، والمقواة بالألياف القصيرة .

تستخدم هذه المواد في الإنتاج ذو السرعات العالية الأوتوماتيكية للإنهاء السطحي بالغ الدقة والنعومة للسطح .

1.5.1 عُدد الماس (Diamond Tools) .

يستخدم نوعان من الماس في أدوات القطع وهي الماس الطبيعي (*Natural*) والماس الصناعي متعدد البلورات (*Synthetic Polycrystalline*) . الماس هو عبارة عن كاربون نقي، يمتلك أُلفة لكاربون المعادن الحديدية لذلك يمكن استخدامه فقط لتشغيل المعادن اللاحديدية. تصنع بعض عُدد الماس عن طريق كبس بلورات الماس (العديد من البلورات الصغيرة المكبوسة سوية) تربط داخل أرضية كاربيدية (أنظر الشكل رقم (1-16)).



الشكل رقم (1-16): مادة الماس متعدد البلورات المربوطة بأرضية كاربيدية بأشكال وأحجام متعددة

تستخدم عُدد القطع الماسية فقط للإنهاء السطحي الخفيف للأجسام المقطوعة للحصول على سطوح بالغة الدقة، ويجب أن تكون التغذية قليلة جداً وعادة تتجاوز سرعة القطع (*5000SFPM*). ثباتية آلة التشغيل (*Rigidity*) ووضع العُدة يكون حرج جداً ومهم جداً بسبب الصلادة والهشاشة العاليتين للماس.

2.5.1 نتريد البورون المكعب (Cubic Boron Nitride-CBN).

يشابه نتريد البورون المكعب الماس من حيث تركيبه متعدد البلورات ويربط كذلك بأرضية كاربيدية. مع إستثناء مواد التسبيك مثل التيتانيوم أو التنتاليوم فأن نتريد البورون المكعب يستخدم بفعالية كعُدة قطع لتشغيل معظم المواد الهندسية الشائعة، وخصوصاً للمواد الصلدة جداً والصعبة التشغيل. يعمل نتريد البورون المكعب عند سرع واطئة حوالي (*600SFPM*) ويستخدم للإنهاء السطحي بسبب صلادته وهشاشته العاليتين جداً كما هو الحال في الماس.

3.5.1 المواد المقواة بالألياف القصيرة (Whisker-Reinforced Materials) .

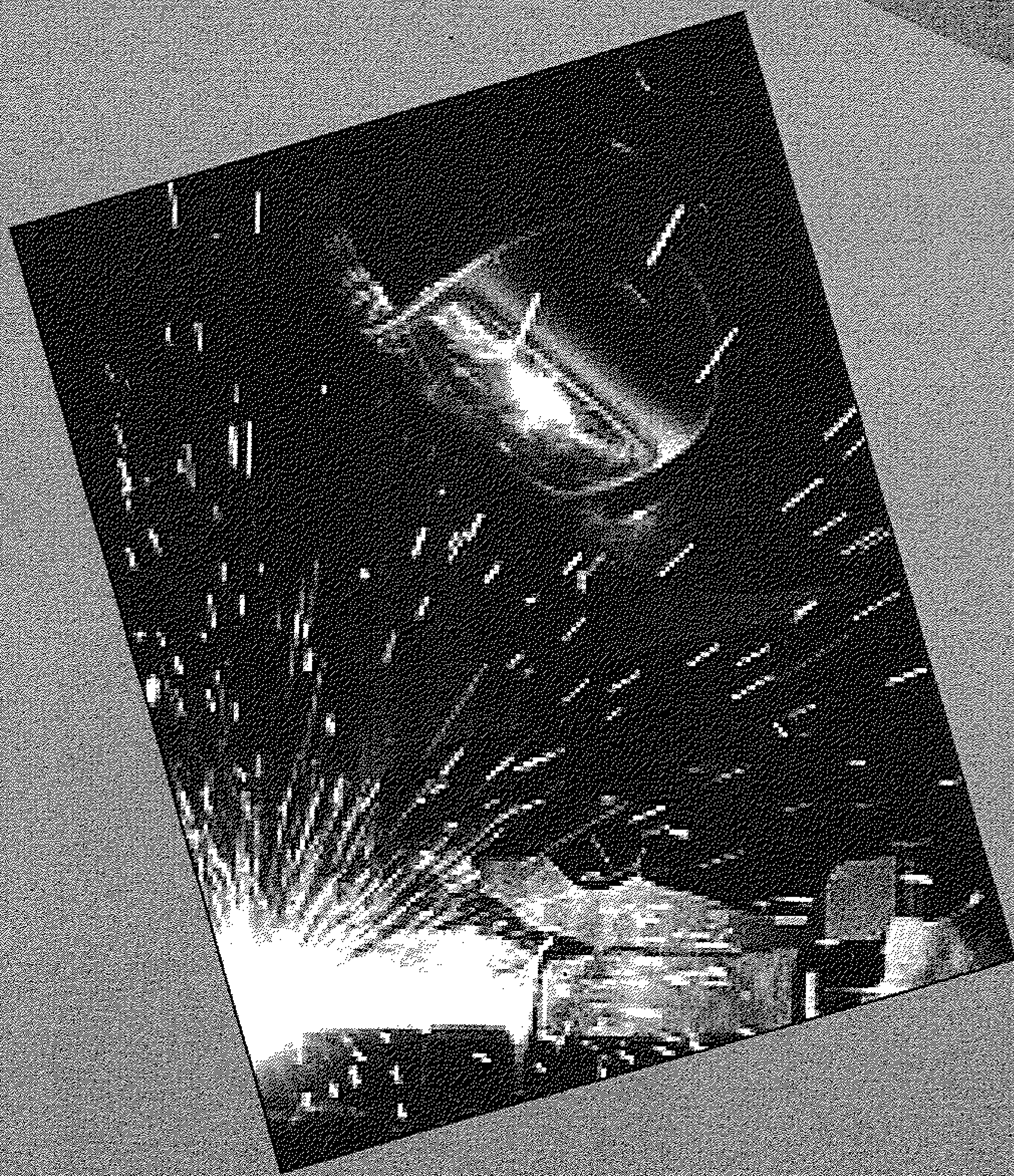
طُورت هذه المواد من أجل الحصول على أقصى تحسن للإنجاز ومقاومة البلى لعُدة القطع، والغرض من ذلك هو تشغيل مواد عمل جديدة كالمواد المركبة (*Composite Materials*).

تتضمن المواد المقواة بالألياف القصيرة الأدوات أو العُدد ذات أساس من نتريد السليكون ، والعُدد ذات أساس من أوكسيد الألمنيوم والتي تُقوى بألياف كاربيد السليكون (SiC) القصيرة. تناسب هذه الأدوات تشغيل المواد المركبة والمواد اللاحديدية ولكنها غير مناسبة لتشغيل المواد الحديدية والفولاذ.

الفصل الثاني

طرق إزالة المعدن

Metal Removal Methods



2

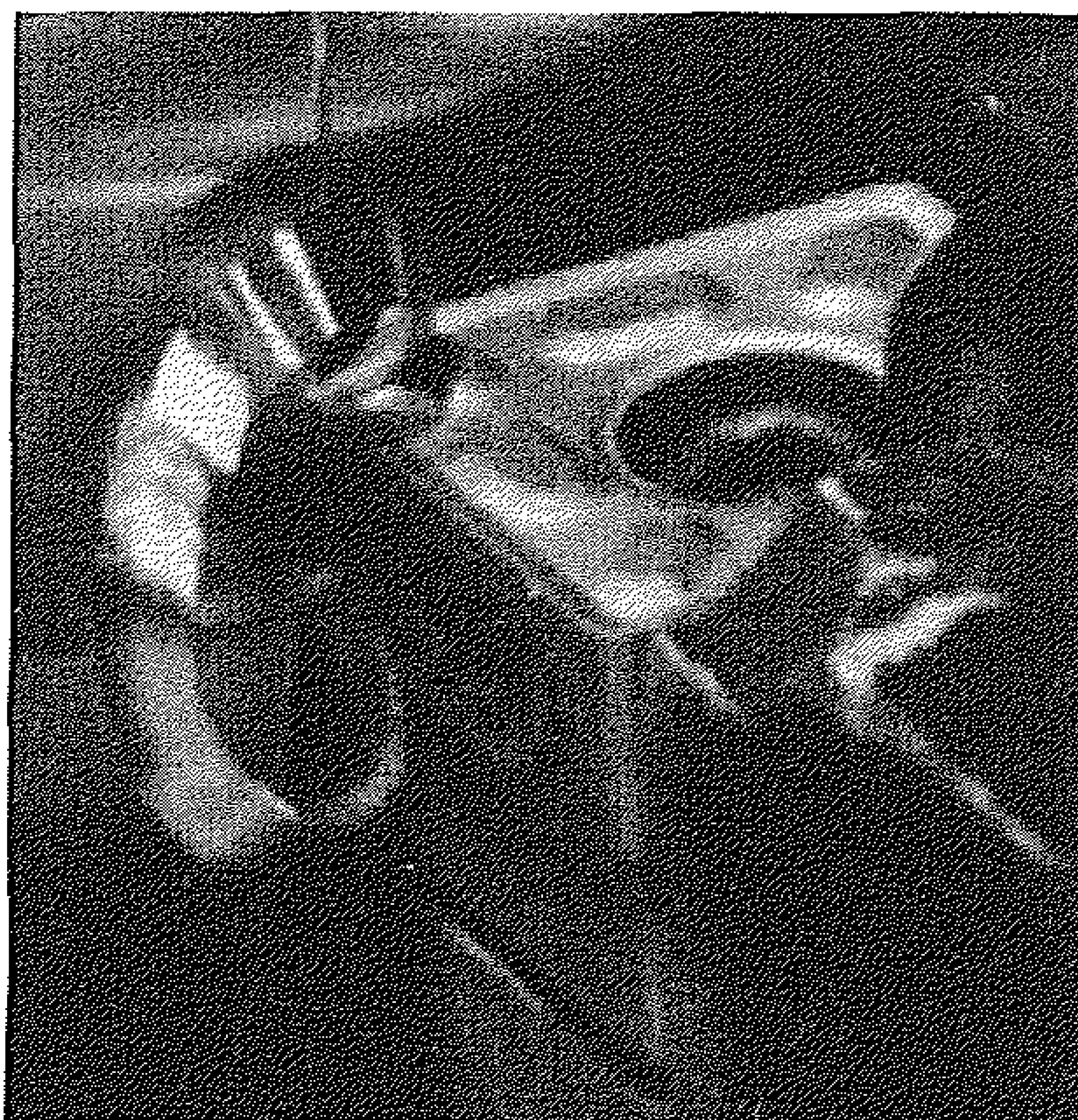
الفصل الثاني

طُرق إزالة المعدن

Metal Removal Methods

1.2 المقدمة (Introduction).

تتم عملية إزالة المعدن بواسطة تعشق أداة أو عُدة القطع ذات الشكل الإسفيني مع القطعة المُشغلة من أجل إزالة المادة والتي تكون بشكل رايش. وتعود هذه العملية لسنوات عديدة مضت. إن آلية تكون الرايش هي نفسها مع جميع التقنيات المستخدمة اليوم في الصناعة الحديثة. عندما يتم تعشق عُدة القطع مع القطعة المشغلة فأن المادة الواقعة أمام العُدة مباشرة سوف يتم قصها وتتشوه تحت ضغط القطع الهائل. تبدأ المادة المشوهة بالتكسر نتيجة للإجهاد الناتج من عملية القطع وتتدفق فوق العُدة على شكل رايش. الشكل رقم (2-1) يوضح لُقمة قطع ماسك العُدة في الخراطة مولداً الرايش.

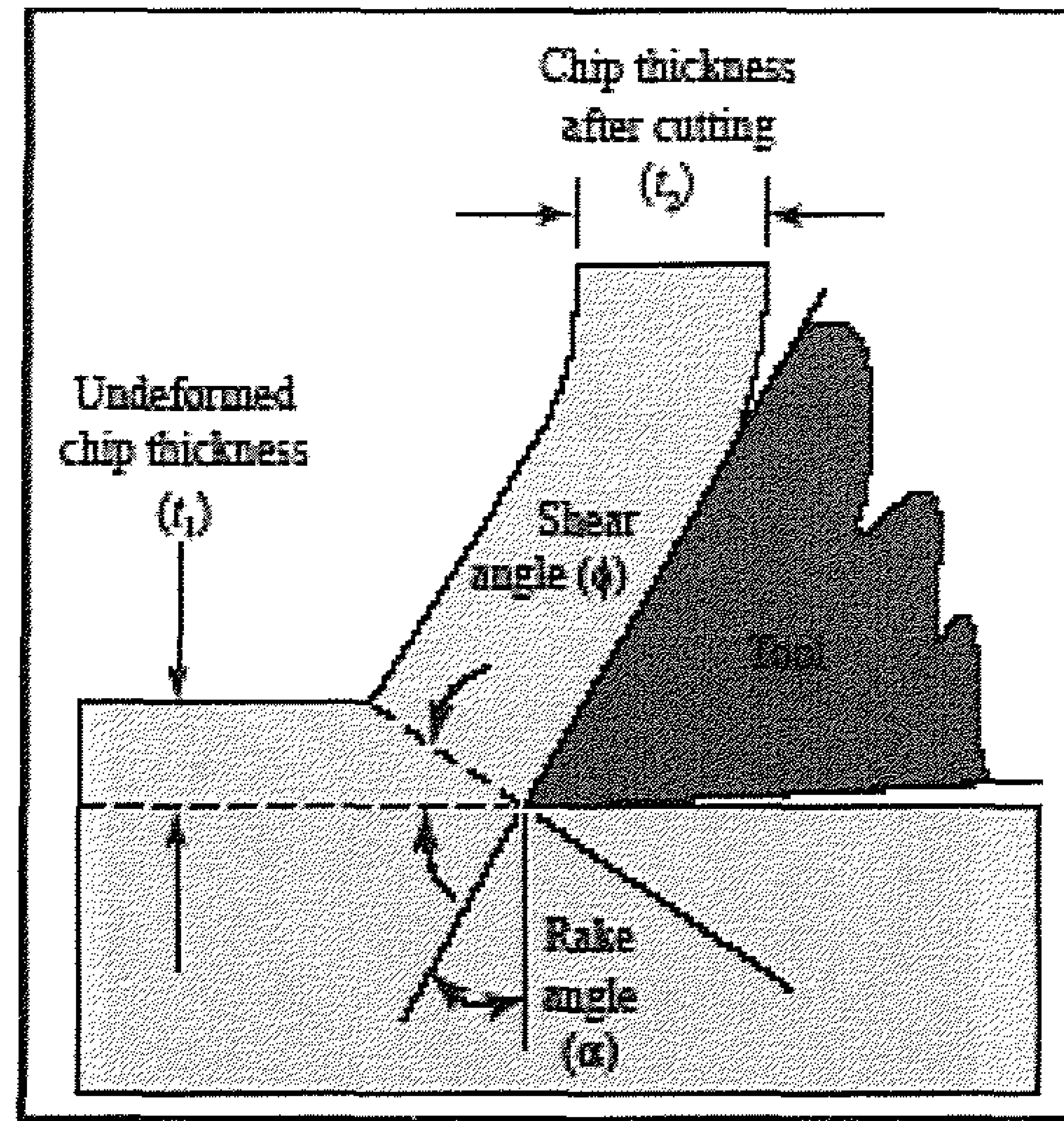


الشكل رقم (2-1): لُقمة خراطة مع ماسكها أثناء توليدها للرايش

2.2 قوى عُدة القطع (Cutting Tool Force) .

إن تشوه القطعة المشغلة ناتج من قوة تسلط بواسطة عُدة القطع وهذا التشوه ينتج عنه تشكيل دائم أو كسر للمادة المشغلة . إن تشكيل المادة المشغلة يتم فيه تجاوز حدود اللدونة للمادة للحصول على تشكيل دائم . إن الرايش المتكون نتيجة عملية القطع يكون مزيجاً لإعادة التشكيل والتكسير، حيث ينفصل الرايش المشوه من المادة الأساس بواسطة الكسر .

إن فعل القطع وتكون الرايش يمكن تحليلها بسهولة أكبر إذا كانت حافة عُدة القطع موضوعة بشكل عمودي للحركة النسبية للمادة المشغلة وكما موضح في الشكل رقم (2-2)، حيث (t_1) يمثل سمك الرايش غير المشوه أو غير المقطوع وهو قيمة عمق القطع أما (t_2) فتمثل سمك الرايش المشوه أو المقطوع بعد تركه للقطعة المشغلة . إن التشوه الرئيسي يبدأ عند القص (*Shear Zone*) والقطر يحدد زاوية القص (*Shear Angle-Ø*) .



الشكل رقم (2-2): تكوين الريش يوضح تشوه المادة المشغلة

من خلال الشكل رقم (2-3) الذي يمثل عملية خراطة نموذجية لعمود صلب نلاحظ إن هنالك ثلاث أنواع من القوى التي تؤثر على عدة القطع هي :

1- **القوة المماسية** (Tangential Force) .

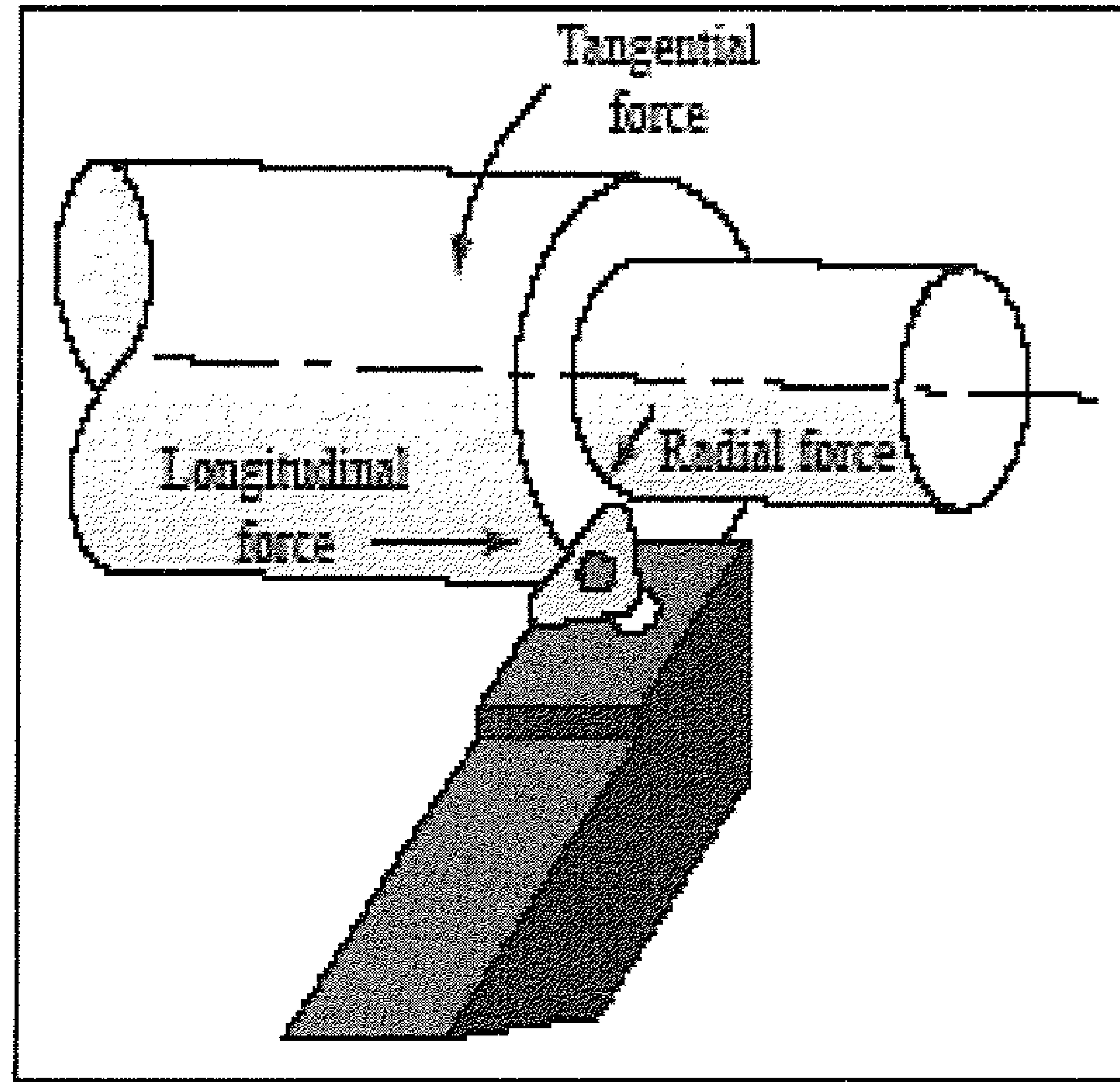
تعمل هذه القوة في الإتجاه المماسي للقطعة المشغلة الدوارة، وتمثل المقاومة لدوران القطعة المشغلة. في عملية القطع الاعتيادية تكون القوة المماسية أعلى القوى الثلاث التي تؤثر في عُدة القطع وتقدر بحوالي (98٪) للطاقة الكلية اللازمة بواسطة العملية.

2- **القوة الطولية** (Longitudinal Force).

تعمل القوة الطولية في الإتجاه الموازي لمحور العمل، وتمثل المقاومة للتغذية الطولية للعُدة. تكون هذه القوة عادة أكبر من القوة المماسية بحوالي (50٪). بما إن سرعة التغذية تكون عادة واطئة جداً مقارنة بسرعة دوران القطعة المشغلة لذلك تقدر القوة الطولية بحوالي (1٪) فقط للطاقة الكلية المطلوبة.

3- **القوة نصف القطرية** (Radial Force).

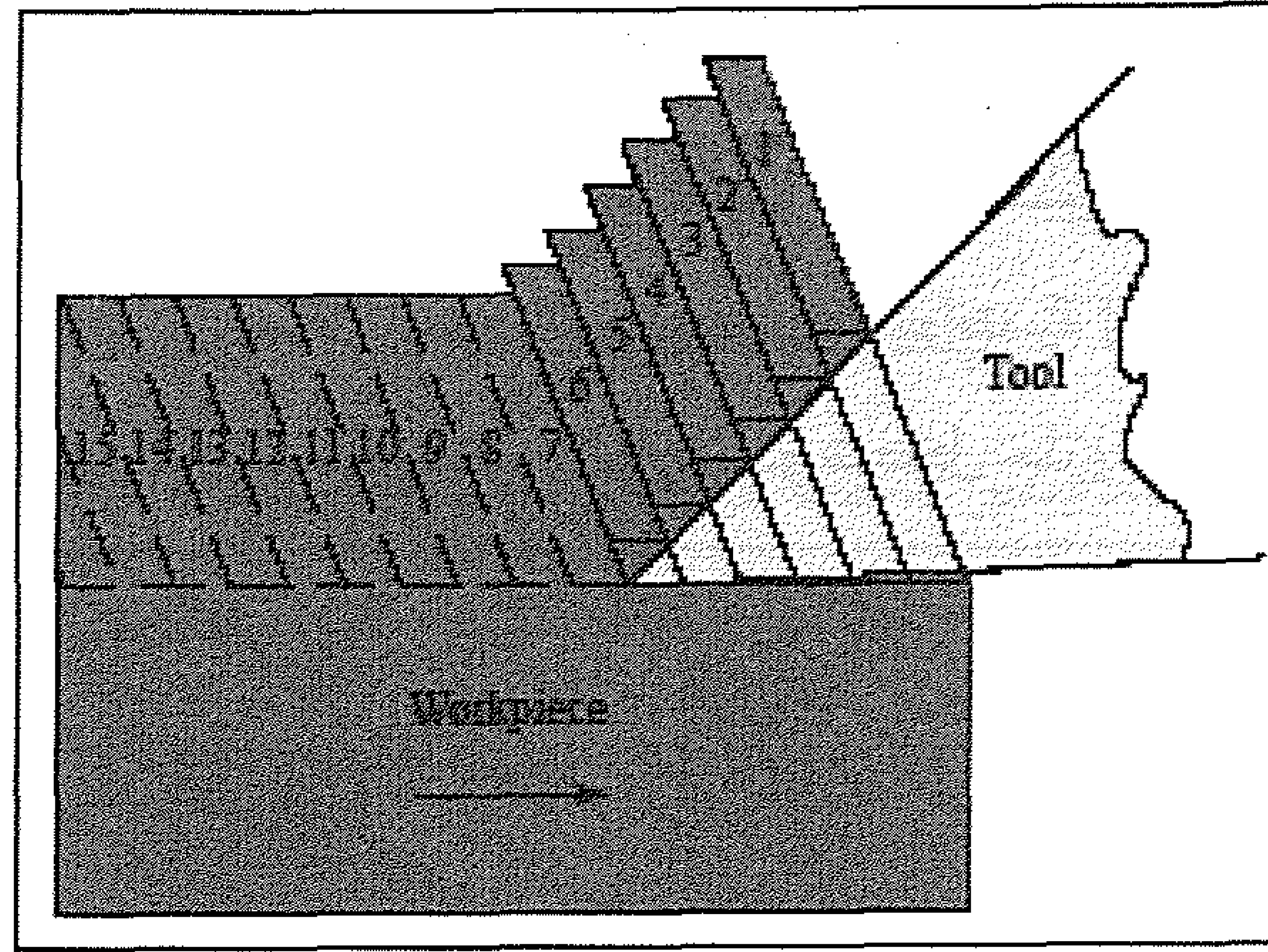
وتعمل في الإتجاه القطري من الخط المركزي للقطعة المشغلة. تكون هذه القوة أصغر القوى الثلاث وغالباً تكون أكبر بحوالي 50٪ مقارنة مع القوة الطولية، ويكون تأثيرها على متطلبات القوة صغيرة جداً لأن السرعة في الإتجاه نصف القطري مهملة.



الشكل رقم (2-3): عملية خراطة نموذجية توضح القوى المؤثرة على عُدة القطع

3.2 تكوين الرايش وبلى العُدة (Chip Formation & Tool Wear) .

إن عملية تكوين الرايش تحدث بواسطة آلية تسمى التشوه اللدن (*Plastic Deformation*) بغض النظر عن كون العُدة بدأت بالعمل أو إن المعدن بدأ قطعه . إن هذا التشوه يمكن أن يُصور على إنه قص (*Shearing*) عندما يُعرض المعدن إلى حمل يتجاوز مرونته، تبدأ بلورات المعدن بالإستطالة خلال فعل الإنزلاق أو القص والتي تحدث داخل البلورات وبين البلورات المتجاورة. وهذا الفعل موضح في الشكل رقم (2-4) وأبسط مثال على ذلك (على سبيل التشبيه) ما يحدث لمجموعة من الورق عندما يتم دفعها حيث يحدث الإنزلاق أو القص بين الأوراق المفردة .



الشكل رقم (2-4): عملية تكون الرايش

تتكون المعادن من العديد من البلورات وكل بلورة بدورها تتكون من عدد من الذرات مرتبة داخل هيكل مميز، إن الإنزلاق الذي يحدث لبلورات المعدن يحصل على طول المستوي الأكثر كثافة أيونية . معظم عمليات القطع العملية، مثل الخراطة والتفريز تتضمن أكثر من حافة قطع تميل بزوايا مختلفة لإتجاه القطع. على أية، يمكن توضيح آلية القطع الأساسية بواسطة تحليل القطع المنجز مع حافة قطع مفردة.

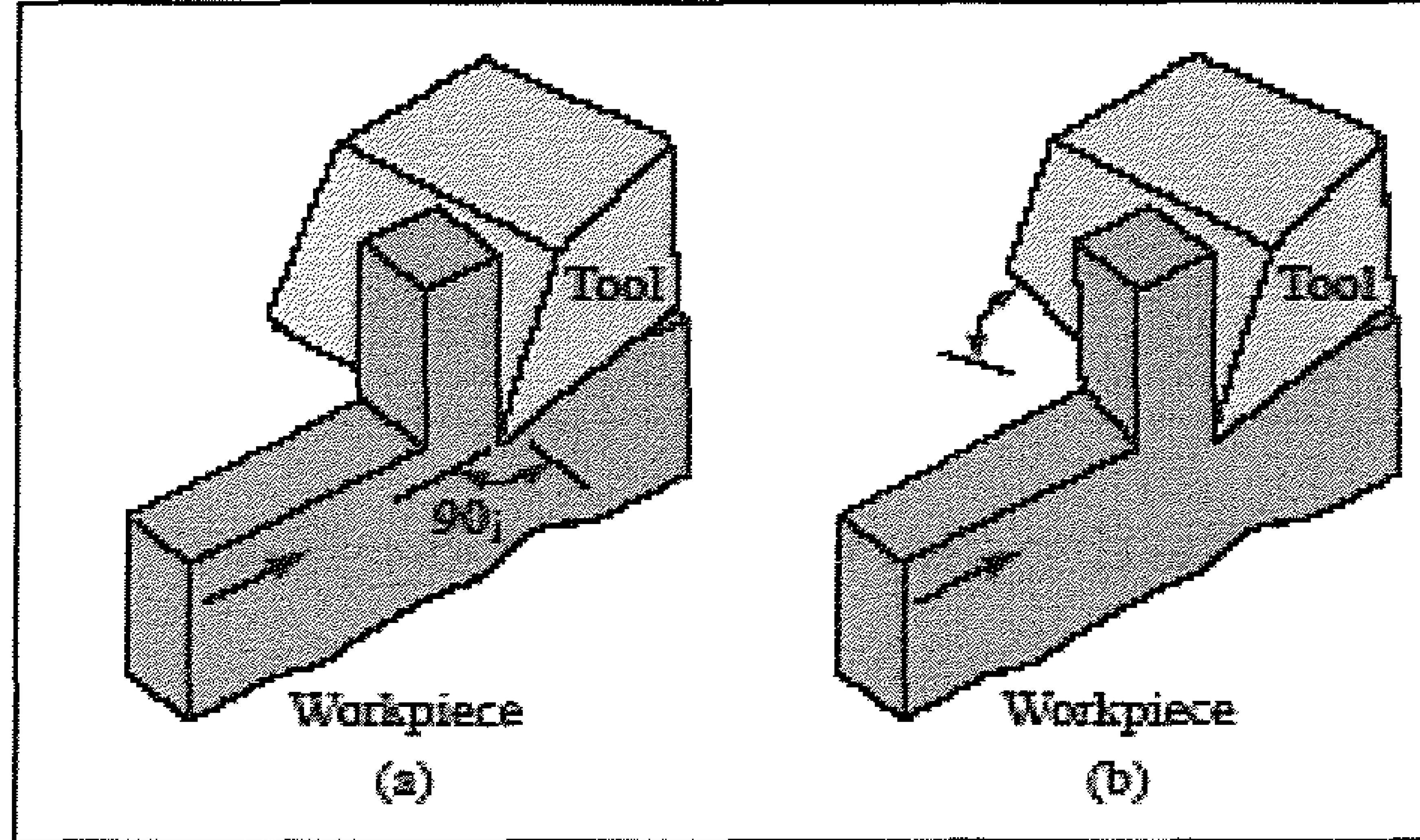
هنالك نوعين من عمليات القطع التي تكون الرايش وتتحكم في شكله هما:

1- القطع العمودي (Orthogonal Cutting).

تكون حافة قطع العُدة عمودية على خط انتقال العُدة وكما موضح في الشكل (a-5-2) ، وتكون حافة واحدة أو مفردة هي الفعالة وتكون مستوية. القوى المماسية، الطولية، والنصف قطرية تكون في نفس المستوي. يكون الرايش المتكون بشكل مستمر (*Continuous Chip*).

2- القطع المائل (Oblique Cutting).

تكون حافة القطع مفردة ومستقيمة وتميل بإتجاه سير العُدة وكما موضح في الشكل رقم (b-5-2) . إن ميلان عُدة القطع يسبب تغيرات في إتجاه تدفق الرايش فوق وجه العُدة. في هذا النوع من القطع يكون الرايش ذو شكل حلزوني (*Helical Chip*).



الشكل رقم (2-5): a- القطع العمودي b- القطع المائل

1.3.2 تكوين الرايش (Chip Formation) .

يصنف الرايش المقطوع إلى ثلاث أنواع رئيسية هي :

1 . الرايش غير المستمر أو المتشظي (Discontinuous or Segmented) .

ينتج الرايش غير المستمر أو المتشظي عند قطع المعادن الهشة (*Brittle Metals*) مثل حديد الزهر والبرونز الصلد أو عندما يتم قطع معادن مطيلية تحت ظروف قطع رديئة . في نقطة التماس بين عُدة القطع والمادة المشغلة يحدث بعض الضغط ويبدأ الرايش بالإنسياب على طول السطح البيني للرايش-العُدة.

وعند تسليط إجهاد أكبر على المعدن القصف بواسطة فعل القطع، يبدأ المعدن بالانضغاط حتى يصل الى النقطة التي عندها يحدث التمزق مما يؤدي إلى إنفصال الرايش من الجزء غير المشغل وهذه الدورة تتكرر بشكل غير محدود أثناء عملية القطع، مع تمزق كل شظية والحاصل على زاوية أو مستوى القص. بشكل

عام وكنتيجة لهذه التمزقات المتتالية ينتج سطح رديء على القطعة المشغلة . هذا النوع من الرايش موضح في الشكل رقم (2-6-a).

2. الرايش المستمر (Continuous Chip) .

ينتج الرايش المستمر عندما لا يُعاق جريان المعدن الأقرب إلى وجه العُدة بواسطة القطع الناشئ (الحافة المتراكمة) أو الإحتكاك عند السطح البيني للعُدة- الرايش. يكون هذا النوع من الرايش بشكل شريط مستمر ويعتبر مثالي لفعل القطع الفعال. ينتج الرايش المستمر في المعادن المطيلية لذلك تنعدم التمزقات فيه.

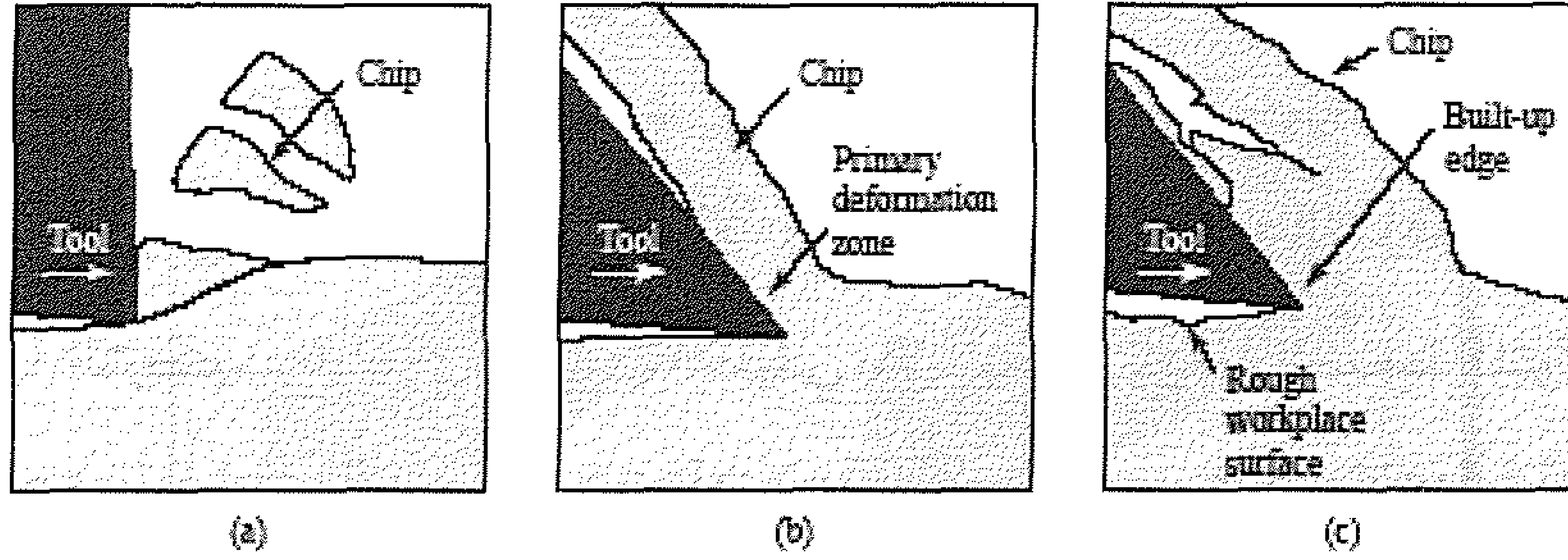
يبدأ التركيب البلوري للمعدن المطيلي بالإستطالة نتيجة للضغط المتولد من فعل القطع مسبباً انفصال الرايش من المعدن بشكل مستمر، وتحدث عملية تكوين الرايش في مستوي مفرد، وتمتد من عُدة القطع الى سطح القطعة غير المشغل. تدعى المساحة التي يحدث فيها التشوه اللدن للتركيب البلوري والقص بمنطقة القص (*Shear Zone*)، وتسمى الزاوية التي ينفصل بها الرايش من المعدن بزاوية القص (*Shear Angle*) وكما تم توضيحه في الشكل رقم (2-2). الشكل رقم (2-6-b) يوضح كيفية تكون الرايش المستمر.

3. الرايش المستمر مع حافة القطع الناشئ (المتراكمة) (Built-up Edge)

يتكون هذا النوع من الرايش عندما يضغط المعدن الواقع أمام العُدة حيث يبدأ الرايش بالإنسياب على طول السطح البيني للعُدة - الرايش . ونتيجة للحرارة العالية والضغط العالي الناتجين من عملية القطع إضافة إلى المقاومة العالية للإحتكاك ضد جريان الرايش على طول السطح البيني للعدة- الرايش، تبدأ قطع صغيرة من المعدن بالإلتصاق على حافة عُدة القطع، بينما يقص الرايش بعيداً عن العُدة.

إن هذه العملية تستمر بالحصول بإستمرار عملية القطع حيث تتراكم دقائق أكثر على عُدة القطع مما يؤثر على فعل القطع . يزداد حجم حافة القطع الناشئ أو

الحافة المتراكمة بإستمرار عملية القطع وتصبح غير مستقرة، وأخيراً تنفصل هذه الشظايا بعيداً عن العُدة. إن هذا التراكم والتكسر لحافة القطع الناشئ تحدث بسرعة أثناء فعل القطع وتغطي السطح المشغل شظايا متراكمة كثيرة. إن التصاق هذه الشظايا تسبب تثلم السطح المشغل منتجة إنهاء سطحي رديء. الشكل رقم (c-6-2) يوضح طريقة تَكون الرايش المستمر مع الحافة المتراكمة .



الشكل رقم (2-6): أنواع الرايش المتكونة a -غير المستمر b- المستمر

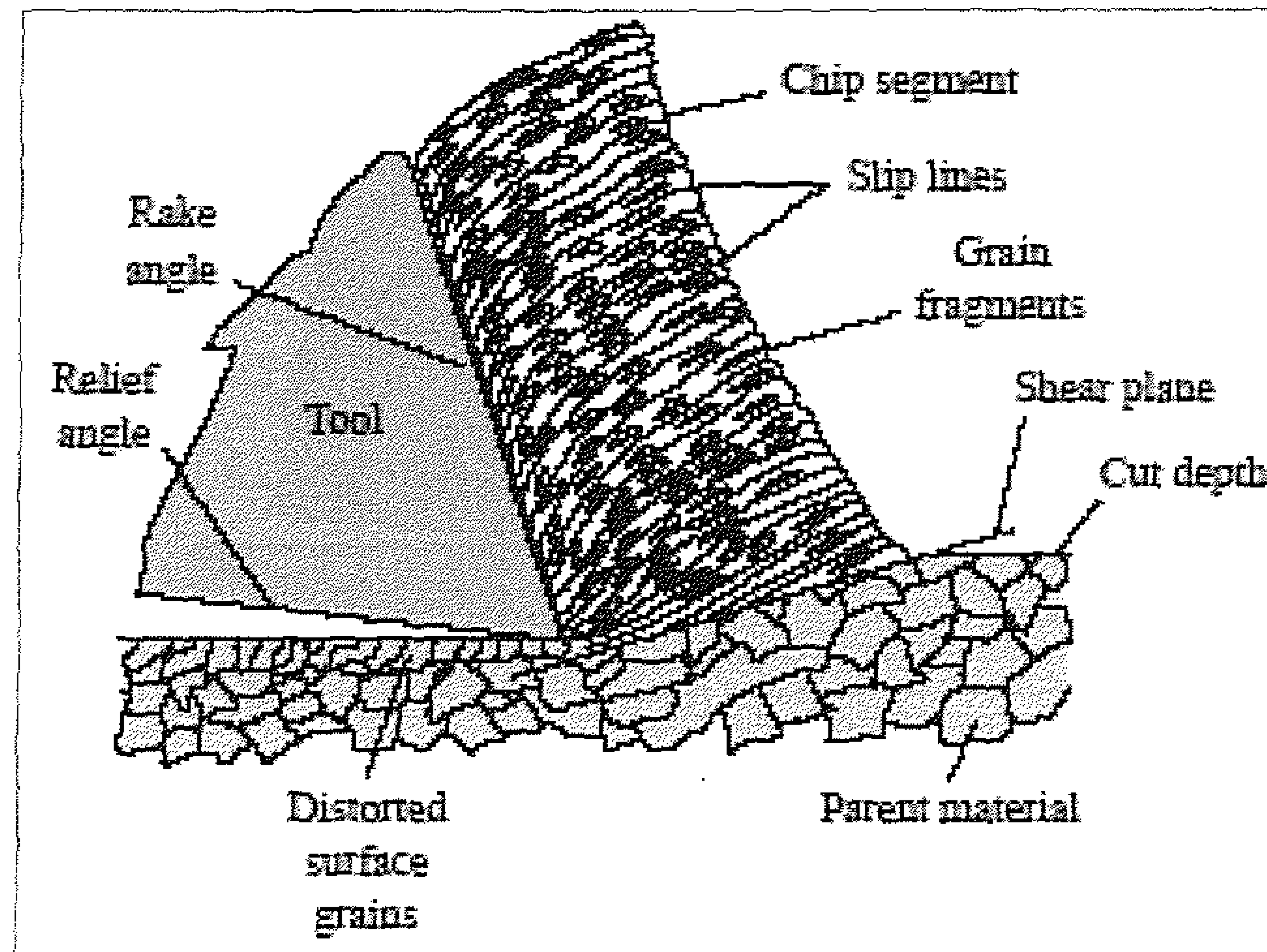
c- المستمر مع حافة القطع الناشئ

1.1.3.2 زاوية القص (Shear Angle) .

تُعرف زاوية القص على إنها المستوي الذي يحدث عنده الإنزلاق لبدأ تَكوُن الرايش (إنظر الشكل رقم (2-2)). ويستفاد من زاوية القص في حساب مميزات معينة للرايش المستمر. إن تشوه حُبيبات المادة المشغلة عند مقارنتها بالمادة غير المشغلة يكون مرئي وكما موضح في الشكل رقم (2-7). كل خط كسر في الرايش يمكن رؤيته عند تحركه إلى الأعلى فوق سطح العُدة بالإضافة إلى سطح الحُبيبات الملتوي أو المشوه حيث مرت عُدة القطع عليه سابقاً. إن هذه الحُبيبات السطحية تسبب الإصلاد بالتشكيل في مواد مشغلة معينة.

بغض النظر عن زاوية القص، فأن تشوه إنضغاطي ناتج من قوة العُدة ضد الرايش، سوف يسبب تكون رايش أسمك وأقصر من طبقة المادة المشغلة المزالة. عادة يتم حساب الشغل أو الطاقة اللازمة لتشوه المادة للجزء الأوسع للقوى والقدرة

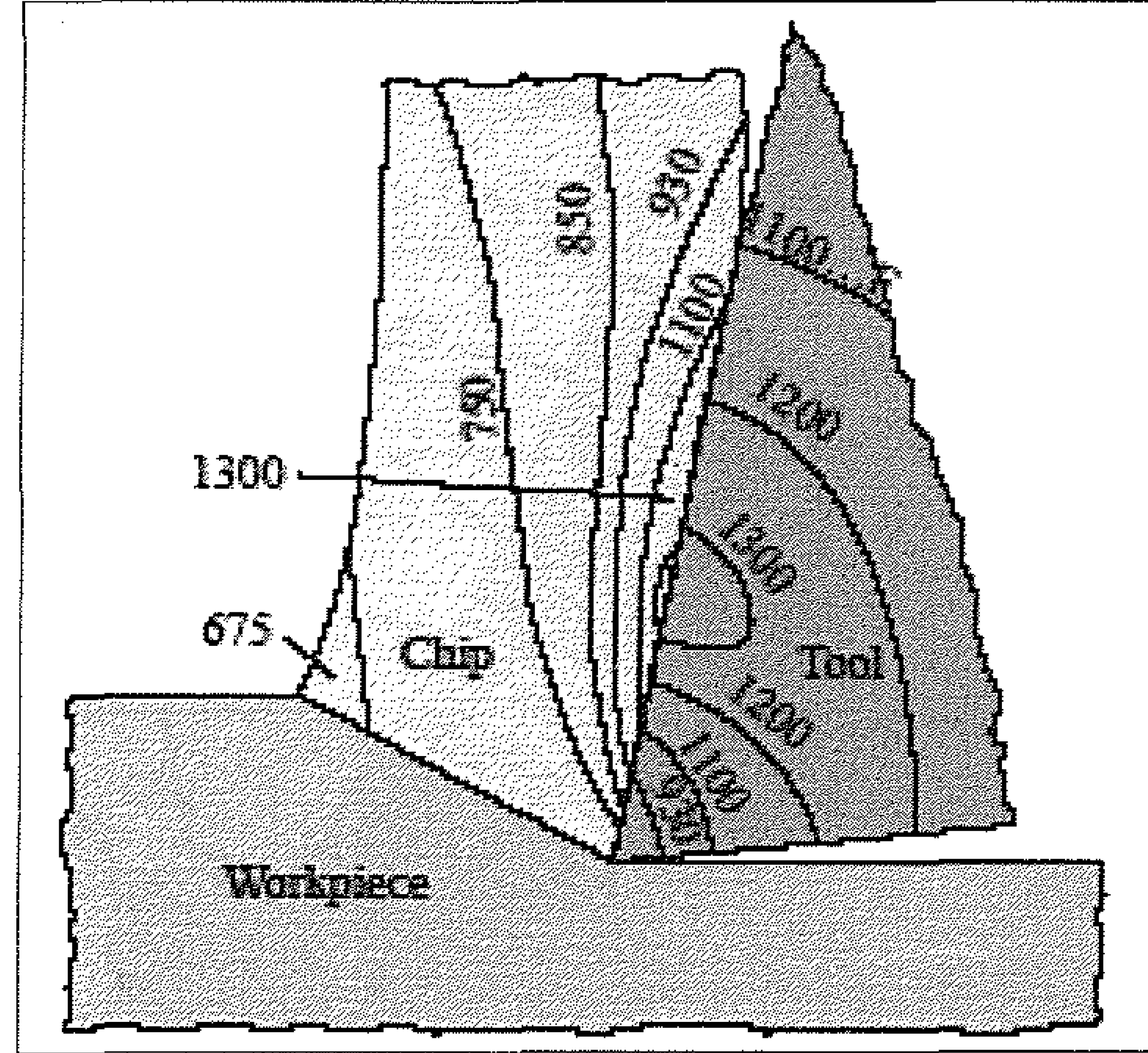
المشتركة في عملية إزالة المعدن. يحتاج الرايش السميك الى قوة كبيرة لإنتاجه للحصول على طبقة مادة مشغلة ذات أبعاد ثابتة ودقيقة.



الشكل رقم (2-7): تشوه المادة المشغلة أثناء تكوين الرايش

2.1.3.2 الحرارة في قطع المعدن (Heat in Metal Cutting) .

تتحول الطاقة الميكانيكية المستهلكة في منطقة القطع إلى حرارة . إن المصادر الأساسية للحرارة المتولدة من عملية القطع هي منطقة القص، السطح البيني بين العُدة والرايش حيث تتولد الحرارة من قوة الاحتكاك، وأخيراً الجزء الواطئ لطرف العُدة والتي تحتك مع السطح المُشغل. إن التأثير المتبادل لمصادر الحرارة هذه. مشتركة مع الشكل الهندسي لمنطقة القطع، تنتج توزيع حراري معقد وكما موضح في الشكل رقم (2-8).



الشكل رقم (2-8): توزيع درجة الحرارة النموذجي في منطقة القطع

درجة الحرارة المتولدة في مستوي القص هي دالة لطاقة القص والحرارة النوعية للمادة. تعتمد زيادة درجة الحرارة على وجه العُدة على ظروف الإحتكاك عند السطح البيني، لذلك يفضل أن يكون معامل الاحتكاك في أوطأ قيمة . إن توزيع درجة الحرارة في عملية القطع هو دالة لعُدة عوامل هي :

1- الموصلية الحرارية للقطعة المشغلة ومادة العُدة (Thermal Conductivities) .
2- الحرارة النوعية (Specific heat).
3- سرعة القطع (Cutting Speed).
4- عمق القطع (Depth of Cut).
5- إستخدام سوائل التبريد (Cutting Fluid).

عند زيادة سرعة القطع سوف يكون هناك وقت قصير لتبدد الحرارة بعيداً عن منطقة القطع، لذلك تزداد نسبة الحرارة المحمولة بعيداً بواسطة الرايش.

4.3.2 بلى عُدة القطع (Cutting Tool Wear) .

يعتبر عُمر عدة القطع واحد من أكثر العوامل الإقتصادية أهمية في قطع المعادن. في عمليات القطع الخشن أو القاسي يجب مراعاة الإختيار الصحيح لمادة العُدة ، زوايا العُدة المختلفة ، سرعات القطع، ومعدلات التغذية لزيادة عُمر عُدة القطع . إن الظروف التي تقلل من عُمر العُدة سوف تكون غير إقتصادية بسبب إرتفاع التكاليف الخاصة بتجليخ العُدة وإستبدالها . من ناحية أُخرى، فأن إستخدام سرعات تشغيل واطئة جداً وتغذية قليلة في سبيل زيادة عُمر العُدة سوف يكون غير إقتصادي أيضاً بسبب إنخفاض معدلات الإنتاج .

لذلك من المفيد أن يكون التحسن في عُمر الأداة (الذي يتم أما بتحسين العُدة أو المادة المشغلة) لا يؤثر على الإنتاج ولا يسبب هبوطه . ولأجل إنجاز مثل هكذا تحسينات فقد بُذلت جهود كبيرة لفهم سلوك العُدة وكيف تبلى فيزيائياً ، وما هي ميكانيكية البلى وأشكال فشل العُدة . عندما تتعشق العُدة مع القطعة المشغلة في عملية القطع فأن البلى يمكن أن يتكون ويتطور على مساحة واحدة أو أكثر على حافة القطع أو قريباً منها.

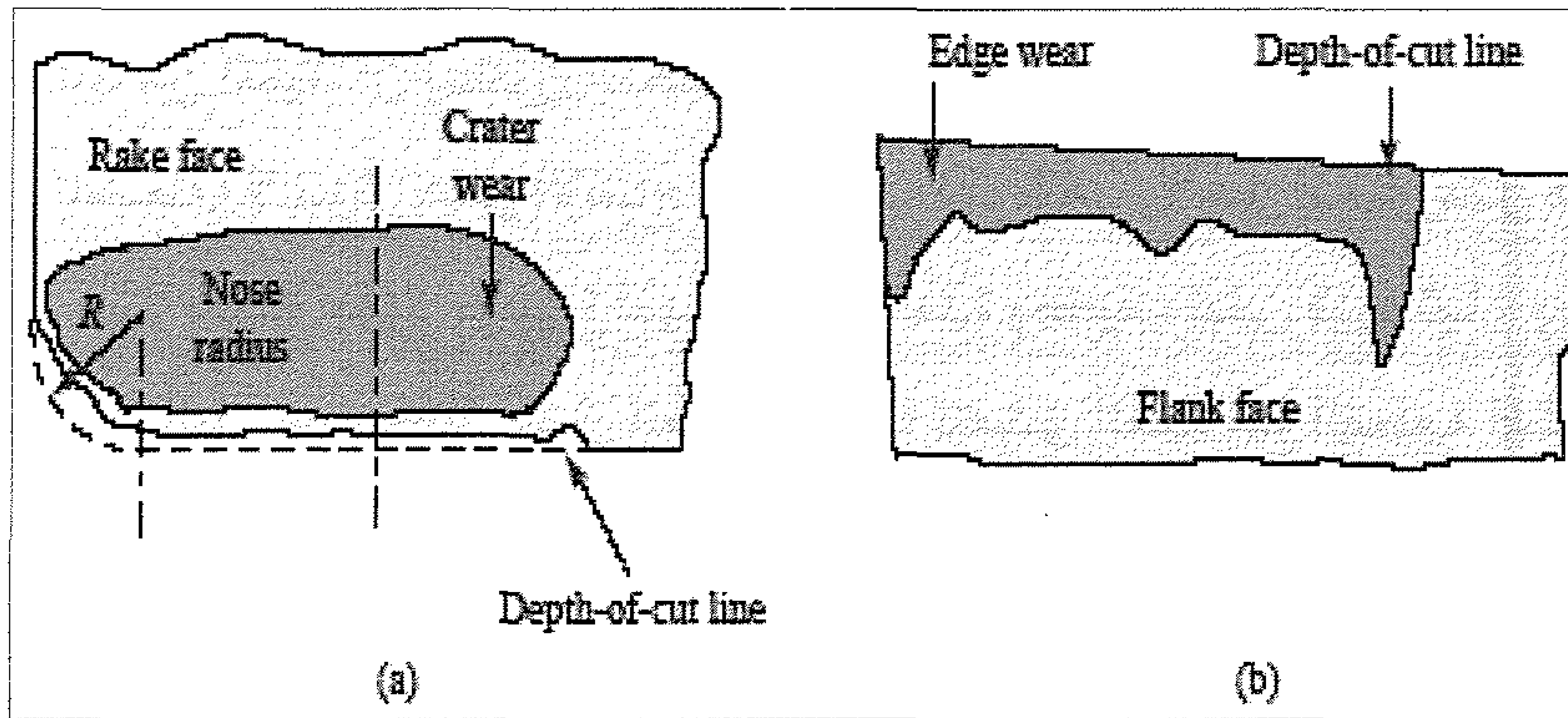
هنالك عِدة أنواع من بلى القطع هي :

1 . البلى الحفري (Crater Wear).

يحدث البلى الحفري بصورة نموذجية على قمة وجه العُدة، وهو بالأساس تعرية للمساحة الموازية لحافة القطع. تحدث عملية التعرية هذه عندما يتم قطع الرايش الذي يحك قمة وجه العُدة. يكون البلى الحفري العامل الرئيسي الذي يحدد عُمر العُدة عند ظروف القطع ذات السرعات العالية جداً وعند تشغيل المواد الخشنة.الشكل رقم (a-9-2) يوضح شكل البلى الحفري.

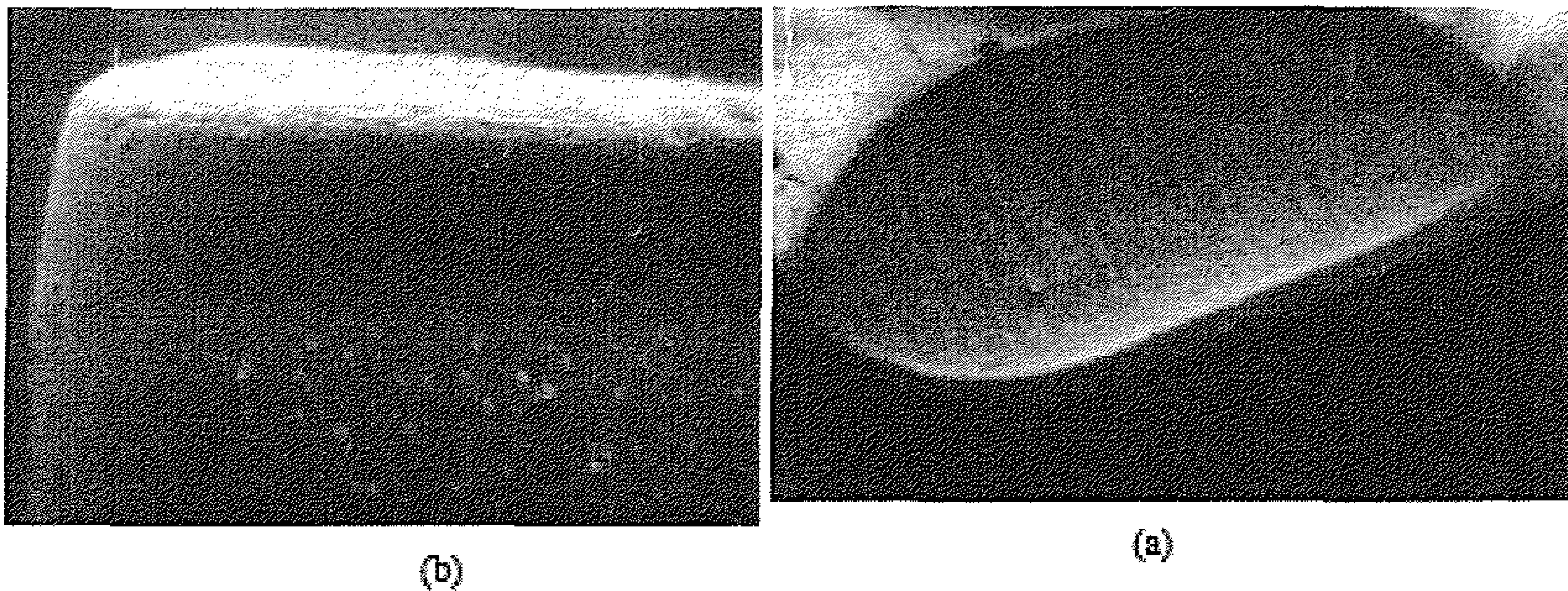
2. بلى الحافة (Edge Wear).

يحدث بلى الحافة على سطح الخلوص للعُدة وهو ناتج بشكل رئيسي من حك السطح الجديد للقطعة المشغلة على مساحة التلامس لحافة العُدة. يحدث هذا النوع من البلى على كل العُدد عند قطع أي نوع من المادة، ويكون هو الأكثر شيوعاً فيحصل هذا النوع من البلى على طول مقدمة حافة القطع وعموماً يتحرك للأسفل بعيداً عن حافة القطع ويعرف بلى الحافة بإسم شائع هو البلى الأرضي (*Wear Land*). الشكل رقم (b-9-2) يوضح شكل البلى الحافة. أما الشكل رقم (10-2) فيوضح بلى الحافة والبلى الحفري لعُدة كاربيدية.



الشكل رقم (9-2): مخطط لبلى لقمة كاربيدية

a- البلى الحفري b- بلى الحافة



الشكل رقم (10-2): بلى لقمة كاربيدية a- البلى الحفري b- بلى الحافة

3- **بلى المقدمة** (Nose Wear).

يُلاحظ عادة بعد فترة معينة للقطع، ويظهر عندما يكون هنالك بلى حفري أو بلى حافة موجود سابقاً على العُدة. يؤثر بلى المقدمة عادة على نوعية السطح النهائي للقطعة المشغلة. تُظهر مادة عُدة القطع بشكل عام والعُدد الكاربيدية بشكل خاص أنواع مختلفة للبلى أو الفشل وكما موضح أدناه:-

1- **التشوه اللدن (Plastic Deformation).**

تعاني عُدة القطع من ضعف حافاتها وإنخفاض فعاليتها وظهور جسم بارز عليها نتيجة للحرارة الزائدة، مما يسبب إنخفاض مقاومة العُدة وتصبح لدنة .

2- **الكسر الميكانيكي (Mechanical Breakage).**

إن القوة الزائدة يمكن أن تسبب فشلاً مباشراً ، وربما ينتج الفشل الميكانيكي (التشظي) من فشل الكلال، إضافة إلى ذلك فأن الفشل الميكانيكي في عُدد القطع ينتج أيضاً من الصدمة الحرارية .

4. **البلى التدريجي** (Gradual Wear).

يتم إفتراض أن العُدة تشكل إستقرارية بلى ناتجة من الفعل المتبادل بين العُدة والعمل منتجاً بلى حفري.

5.3.2 آليات البلى (Wear Mechanisms) .

هنالك أربع آليات رئيسية للبلى تؤثر في مادة العُدة هي :

1. **الحك** (Abrasion).

بسبب وجود الشوائب الصلبة في التركيب البلوري للقطعة المشغلة والتي تعمل على الإحتكاك مع وجه العُدة والسطوح الجانبية وحكها لذلك يكون البلى الحكي هو المُسيطر عند درجات حرارة القطع الواطئة نسبياً وتتناسب مقاومة المادة للحك مع صلادتها، حيث كلما كانت الصلادة عالية زادت مقاومة الحك للمادة .

2. الإلتصاق (Adhesion).

ناتج من تكون الوصلات الدقيقة الملحومة وإتلافها اللاحق. يلاحظ البلى الإلتصاقي بصورة عامة كحافة متراكمة على قمة وجه العُدة . إن هذه الحافة يمكن أن تفصل نهائياً من العُدة، مسببة ما يشبه البلى الحفري . يمكن أن يحدث الإلتصاق أيضاً عندما تلتحم دقائق صغيرة جداً من سطح العُدة آنياً مع سطح الرايش عند السطح البيني للعُدة - الرايش وتنقل بعيداً مع الرايش.

3. الإنتشار (Diffusion).

بسبب درجات الحرارة والضغوط العاليتين في البلى الإنتشاري، يحدث إنتقال مجهري على القشرة الذرية ، ويزداد معدل الإنتشار بشكل أُسي مع زيادة درجة الحرارة.

4. التأكسد (Oxidation).

عند درجات الحرارة العالية ، يسبب تأكسد مادة عُدة القطع معدلات بلى عالية للعُدة. إن الأكاسيد المتكونة على العُدة تُزال بسهولة في عملية القطع مما يقود إلى زيادة البلى . تعتمد آليات البلى المختلفة بالإضافة إلى الظواهر المختلفة المساعدة للبلى الحكي لعُدة القطع على ظروف القطع الكثيرة وخصوصاً سرعات القطع وسوائل القطع .

إلى جانب الكسر الفجائي السابق لأوانه لحافة القطع (فشل العُدة) هنالك عِدة مؤشرات لتقدم البلى الفيزيائي . مشغل الماكنة بإستطاعته ملاحظة هذه العوامل السابقة للتمزق الكلي للحافة وهذه المؤشرات أو العوامل هي:-

1- زيادة حجم البلى الجانبي (Flank Wear) فوق القيمة التقديرية.

2- زيادة في عمق الحفر، السمك، أو مُحدد آخر للحفر في الوجه المائل للعُدة.

3- زيادة القدرة المستهلكة أو قوى القطع اللازمة لإتمام عملية القطع.

4- الفشل في الحفاظ على الأبعاد النوعية للجزء المشغل ضمن حدود تفاوت ثابتة.

5- زيادة كبيرة في خشونة السطح المشغل.

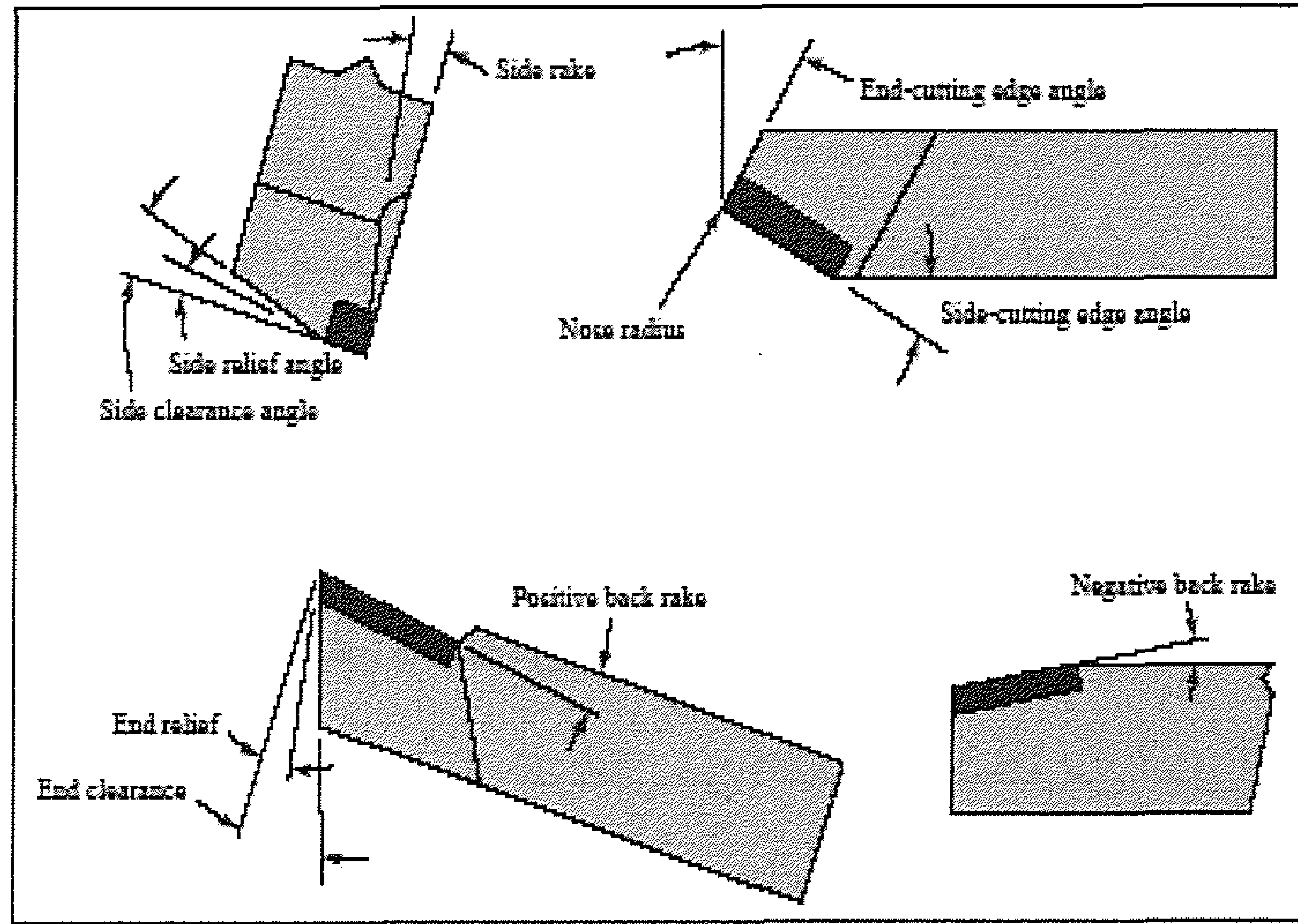
6- تغير في شكل الرايش المتكون نتيجة لزيادة البلى الحفري أو الحرارة المفرطة المتولدة من عملية القطع .

4.2 عُدد القطع أحادية الإتصال (Single Point Cutting Tools) .

تقوم عُدة قطع المعادن بفصل الرايش من القطعة المشغلة من أجل الحصول على الشكل المطلوب . تتنوع عُدد القطع تنوعاً كبيراً ، تبعاً للإستخدام الخاص بها حيث كل عُدة تصمم لإنجاز عملية خاصة أو مجموعة عمليات لقطع المعدن بأسلوب كفوء. فعلى سبيل المثال تم تصميم المثقب الحلزوني من أجل ثقب فجوة بحجم معين وصُممت عُدة الخراطة لتشغيل أشكال أسطوانية مختلفة.

1.4.2 الشكل الهندسي لعُدة القطع (Cutting Tool Geometry) .

يمتلك شكل وموقع عُدة القطع نسبة للقطعة المشغلة تأثير كبير على عملية القطع، ومن أكثر العوامل الهندسية أهمية نسبة لتكوين الرايش هي موقع حافة القطع، توجيه وجه العُدة نسبة للقطعة المشغلة وإتجاه القطع . العوامل الأخرى التي تؤخذ بنظر الإعتبار من حيث الشكل هي الخلوص (*Relief or Clearance*) حيث يفضل أن تكون سطوح العُدة مستدقة الأطراف لمنع الإحتكاك أو الإعاقة ضد العمل. المصطلحات الفنية المستعملة لتسمية السطوح ، الزوايا ، والأقطار للعُدة أحادية الاتصال موضحة في الشكل (2-11). وفيما يلي وصف شامل لهذه المصطلحات.



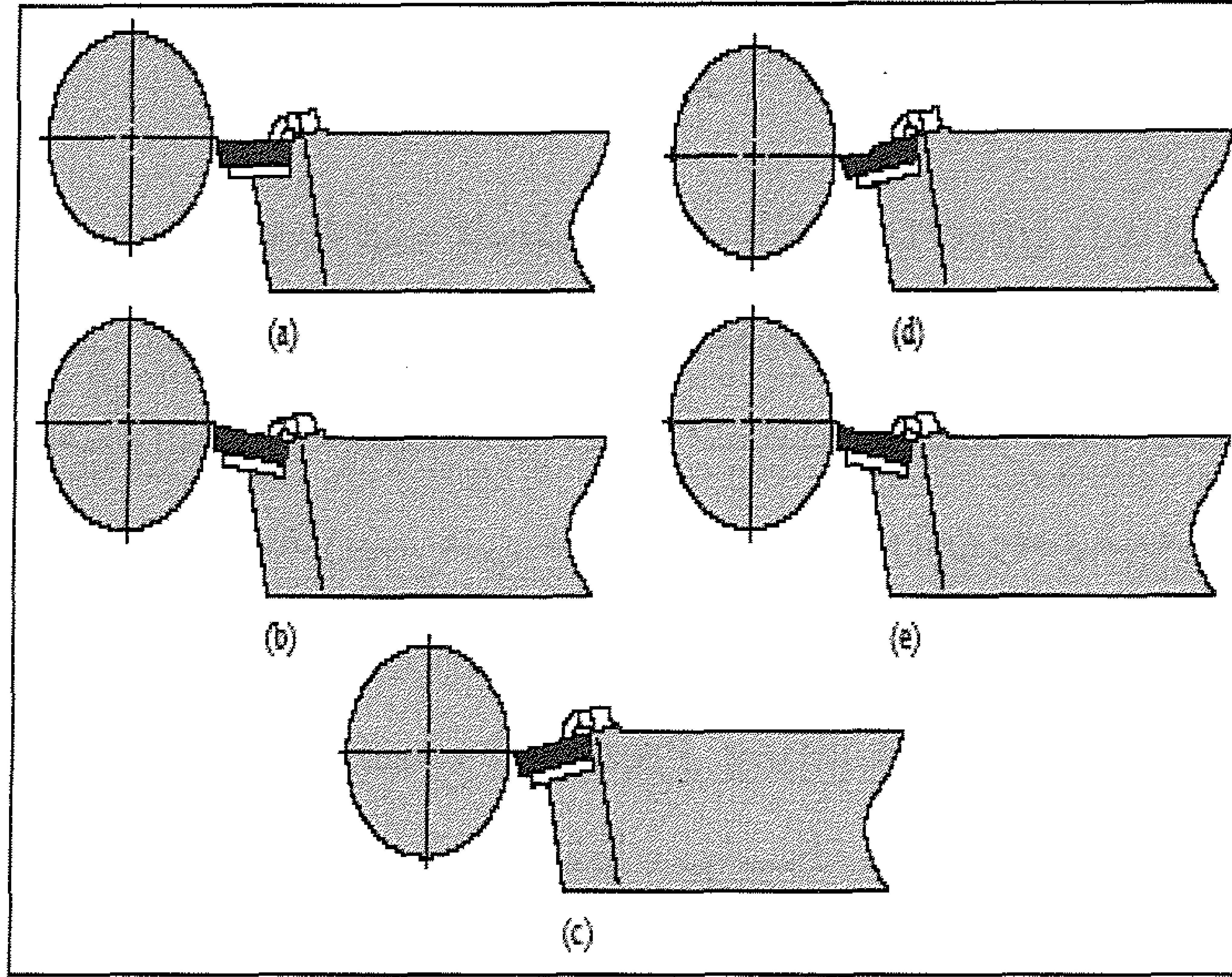
الشكل رقم (2-11): المصطلحات الفنية المستعملة لتسمية السطوح، الزوايا، الأقطار للعُدد أحادية الإتصال

1.1.4.2 زاوية الجرف (Rake Angle) .

الشكل الهندسي الأساسي لعُدة القطع يتحدد بواسطة زاوية الجرف وكما موضح في الشكل رقم (2-12) . تقع زاوية الجرف دائماً عند الجانب الأعلى للعُدة. هنالك نوعين من زوايا الجرف هي :

1- زاوية الجرف الخلفية (Back Rack Angle).

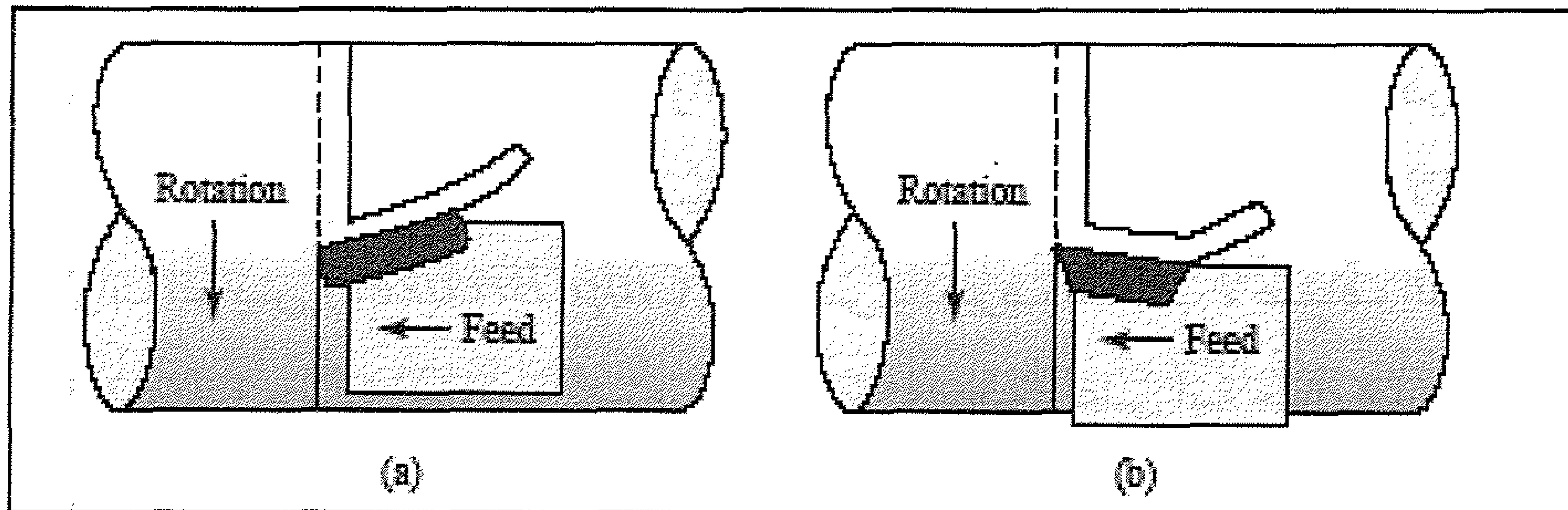
وموضحة في الشكل رقم (2-12). تقسم زوايا الجرف الخلفية الى خمسة أنواع هي المتعادلة، الموجبة والسالبة (c,b,a) على التوالي. الزاوية لهذه الأشكال الهندسية تحدد بواسطة موقع تجويف اللقمة (*Insert Pocket*) في ماسك العُدة . زوايا الجرف الموجبة/ السالبة (d) والموجبة المزدوجة (e) تحدد بواسطة جمع تجويف اللقمة في ماسك العُدة وشكل اللقمة نفسها.



الشكل رقم (2-12): زوايا الجرف الخلفية (a) المتعادلة، (b) الموجبة، (c) السالبة

2- زاوية الجرف الجانبية (Side Rake Angle).

والموضحة في الشكل رقم (2-13). وتكون الأكثر تأثيراً في معظم عمليات القطع مثل الخراطة والتثقيب ويعود السبب في ذلك إلى كون زاوية الجرف تكون بإتجاه القطع. تقسم زوايا الجرف الجانبية إلى نوعين هما السالبة والموجبة.



الشكل رقم (2-13): زاوية الجرف الجانبية (a) السالبة (b) الموجبة

بشكل عام تمتلك زوايا الجرف تأثيرين أساسيين أثناء عملية قطع المعادن هما:

1- تؤثر على مقاومة عُدة القطع. حيث اللقمة (*Insert*) ذات زاوية الجرف السالبة تكون مقاومتها أكبر من اللُقمة ذات زاوية الجرف الموجبة. قوة القطع والحرارة الممتصة بواسطة الكتلة الأكبر لمادة العدة ومقاومة الإنضغاط للكاربيد هي حوالي أكبر بمرتين ونصف من مقاومتها للتمزق المستعرض.

2- تؤثر على ضغط القطع (Cutting Pressure). اللقمة التي تمتلك زاوية جرف موجبة تختزل قوى القطع بواسطة سماحها للرايش بالإنسياب بحرية أكبر عبر سطح الجرف.

وفيما يلي وصف شامل لأنواع زوايا الجرف الخلفية وزوايا الجرف الجانبية.

1.1.1.4.2 زوايا الجرف الخلفية (Back Rake Angles).

وتقسم الى خمسة أنواع كما ذكرنا وهي:

1. عُدد الجرف السالب (Negative Rake Tools).

يجب أن يتم إختيار هذه العُدد عندما تتوفر للقطعة المشغلة وماكنة التشغيل الجساءة والثباتية. وبسبب مقاومة الجرف السالب فأنه يعطي مميزات اكبر أثناء القطع الخشن ، المتقطع، القشري، والبروزات الصلدة، إضافة إلى ذلك يوفر الجرف السالب حواف قطع أكبر للإقتصاد في عملية القطع وغالباً تزيل الحاجة لإستخدام كسارات الرايش (*Chip Breaker*) . يوصى بالجرف السالب لأصناف اللُقم التي لا تمتلك متانة جيدة (مقاومة تمزق مستعرض واطئة). على أية حال فان الجرف السالب ليس خالٍ من العيوب التي تؤثر على عملية القطع حيث يحتاج الجرف السالب إلى قدرة حصانية أكبر ثباتية قصوى لماكنة القطع. ويكون الحصول على إنهاء سطحي جيد أكثر صعوبة مع الجرف السالب قوى تشظي الجرف السالب التي تكون داخل القطعة المشغلة تولد حرارة اكبر داخل العُدة والقطعة المشغلة. وبشكل

عام يكون الجرف السالب محدود الإستخدام للتثقيب على أقطار واسعة بسبب إنحشار الرايش.

2. عُدد الجرف الموجب (Positive Rake Tools).

يتم إختيار عُدد الجرف الموجب عند عدم مقدرة عُدد الجرف السالب على القيام بعملها. ويكون الجرف الموجب أكثر فعالية في مساحات القطع الخشن، المواد المسبوكة التي تميل للإصلاد بالتشكيل مثل الفولاذ المقاوم. وعند قطع المعادن اللينة أو الصمغية، أو عندما تكون ثباتية القطعة المشغلة قليلة فأن التشغيل بالقطع، عُدة الماكنة أو التثبيت يسمح بحدوث الإصطكاك. فعل القص والقطع الحر لعُدد الجرف الموجب سوف تستبعد غالباً المشاكل في هذه المساحات. هنالك إستثناء واحد يجب ملاحظته عند تجربة الإصطكاك مع الجرف الموجب وهو عند أوقات تأثير الحمل المسبق لقوى القطع العالية لعُدة الجرف السالبة سوف تخمد غالباً الإصطكاك في حالة هامشية. ربما هذه الحالة حقيقية خصوصاً أثناء القطع الخفيف عندما يتوسع التشغيل أو عندما تمتلك عُدة القطع تفويت مفرط (*Backlash*).

3. عُدد الجرف المتعادل (Neutral Rake Tools).

نادراً ما يستخدم التشغيل بواسطة الجرف المتعادل أو نادراً ما يصادف في الصناعة. عندما يتم إستخدام لُقمة تشغيل ذات جرف سالب في موضع جرف متعادل فأن خلوص النهاية (يكون بين العُدة والقطعة المشغلة) يكون عادة غير ملائم بشكل كافي. ومن ناحية أخرى عندما نستخدم لقمة جرف موجب كلقمة جرف متعادل، فان جرف اللقمة يكون أقل ثباتاً أو إسناداً مما يعرض عُدة القطع (اللقمة) إلى الكسر السريع.

4. عُدد الجرف الموجب/السالب (Positive / Negative Rake Tools).

إن تطبيقات الإستخدام للجرف الموجب/السالب بصورة عامة هي نفسها كما في الجرف الموجب. إن المميزات الأساسية للقمة الموجبة/السالبة هي إمكانية

إستخدامها في ماسك سالب، كذلك تعطي مقاومة اكبر من الجرف الموجب، إضافة إلى إن الجرف الموجب/السالب يضاعف عدد حافات القطع عندما يتم إستخدام جانبي للقمة.

تمتلك لقمة الجرف الموجب/السالب عشر درجات جرف موجب، حيث تثبت اللُقمة في تجويف عمودي ذو خمس درجات سالبة وهذا يعطيها خمس درجات جرف موجب عند القطع. إن سكون الجرف الموجب/السالب يحفظ موضع القطع مما يؤدي للمحافظة على الكاربيد تحت الضغط ويوفر كتلة أكبر لتبديد الحرارة. تساعد اللُقمة الموجبة/السالبة في تكسير الرايش عندما تقتضي الضرورة، كما إنها تميل للف الرايش.

5. عُدد الجرف الموجب المزدوج (Double Positive Rake Tools).

تكون لُقمة الجرف الموجب المزدوج اضعف جميع أنواع اللقم. الجرف الموجب المزدوج هو جرف حر يستخدم بصورة عامة فقط عندما تكون هنالك حاجة لإنتاج مقطوعات خفيفة ورقيقة، حيث يُظهر قوة منخفضة ضد القطعة المشغلة، كما في حالة الأنبوب رقيق الجدار على سبيل المثال لا الحصر. الإستخدامات الأخرى للُقم المزدوجة هي لتشغيل المواد اللينة جداً أو الصمغية مثل الفولاذ واطئ الكاربون وفي التثقيب لتوسيع الفجوات صغير القطر عندما تكون هنالك حاجة ماسة لخلوص كبير.

2.1.1.4.2 زوايا الجرف الجانبية (Side Rake Angles).

إضافة إلى زوايا الجرف الخلفية هنالك زوايا جرف جانبية موضحة في الشكل رقم (2-13). تحدد هذه الزوايا عادة بواسطة مصنعي العُدد، حيث كل مُصنع ربما يغير بشكل طفيف في اللقمة، ولكن عادة يمكن أن تستخدم لُقمة من مُصنع واحد في ماسك عُدة من مُصنع أخر. تطبق نفس ميزة الهندسية الموجبة والسالبة والتي تم مناقشتها للجرف الخلفي تطبق للجرف الجانبي، حيث عندما

يكون الجرف الخلفي موجب يكون الجرف الجانبي موجب كذلك، وعندما يكون الجرف الخلفي سالب يكون أيضاً الجرف الجانبي سالب.

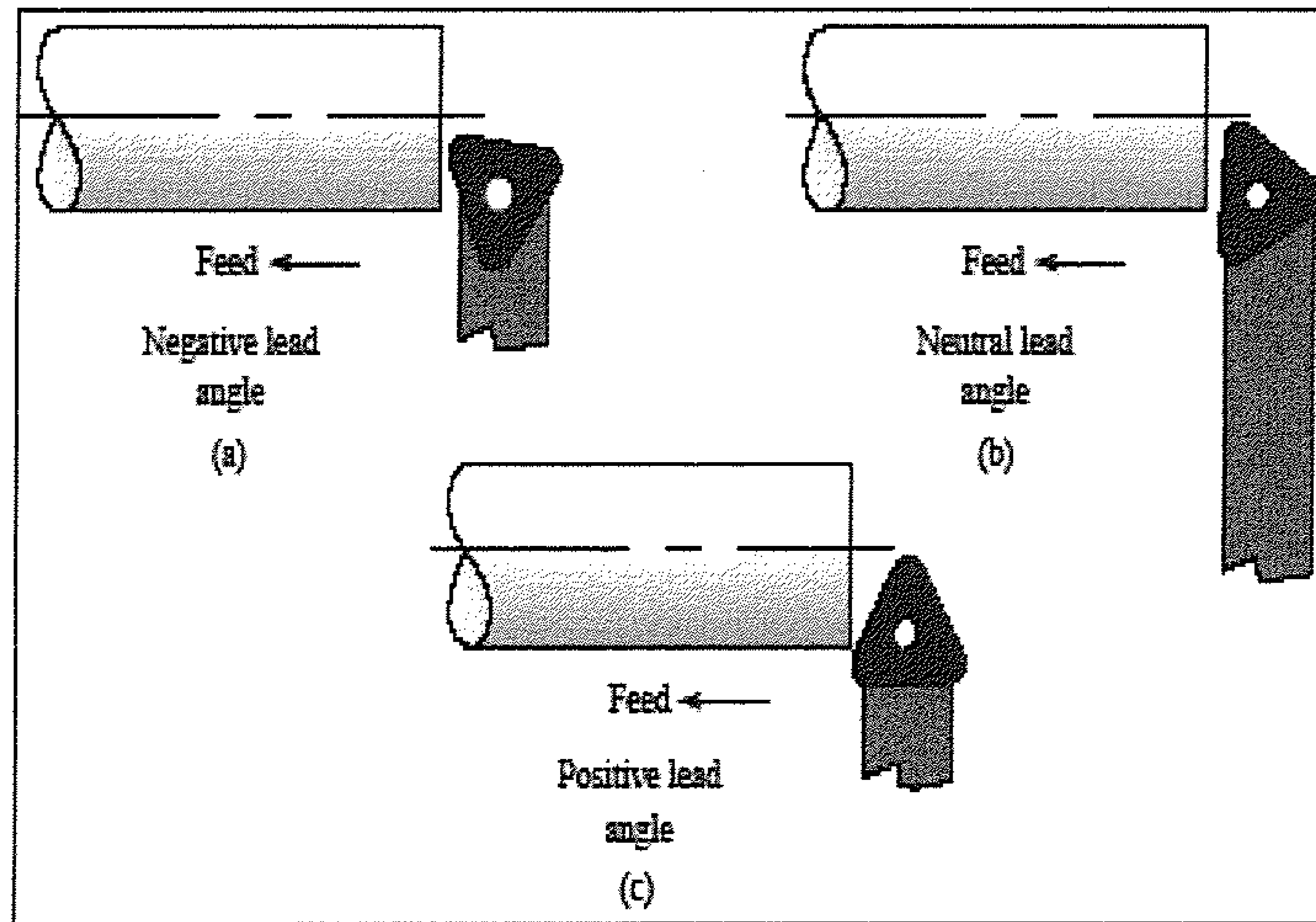
2.1.4.2 زوايا الخلوص النهائية والجانبية (Side and End Relief Angles) .

إن الغرض من زوايا الخلوص هو المساعدة على الحد من كسر عُدة القطع وكذلك لزيادة عمر الأداة. إن الزاوية المحصورة تحت حافة القطع يجب عملياً أن تكون واسعة. إذا كانت زاوية الخلوص واسعة جداً فربما يؤدي ذلك إلى تكسر عُدة القطع، أما إذا كانت هذه الزاوية صغيرة جداً سوف تسبب احتكاك أداة القطع على القطعة المشغلة مما يولد حرارة مفرطة ينتج عنه في الخراطة الثلم المبكرة لعُدة القطع. تكون زوايا الخلوص الصغيرة ضرورية لتشغيل المواد الصلدة والقوية، ويجب أن تزداد قيمتها في حالة تشغيل المواد اللينة والضعيفة.

تستخدم زوايا الخلوص الصغيرة القطع المتقطع أو التغذية الكبيرة، أما الزوايا الكبيرة فتستخدم للقطع النهائي أو شبه النهائي (الإنهاء السطحي).

3.1.4.2 زوايا المقدمة (Lead Angles) .

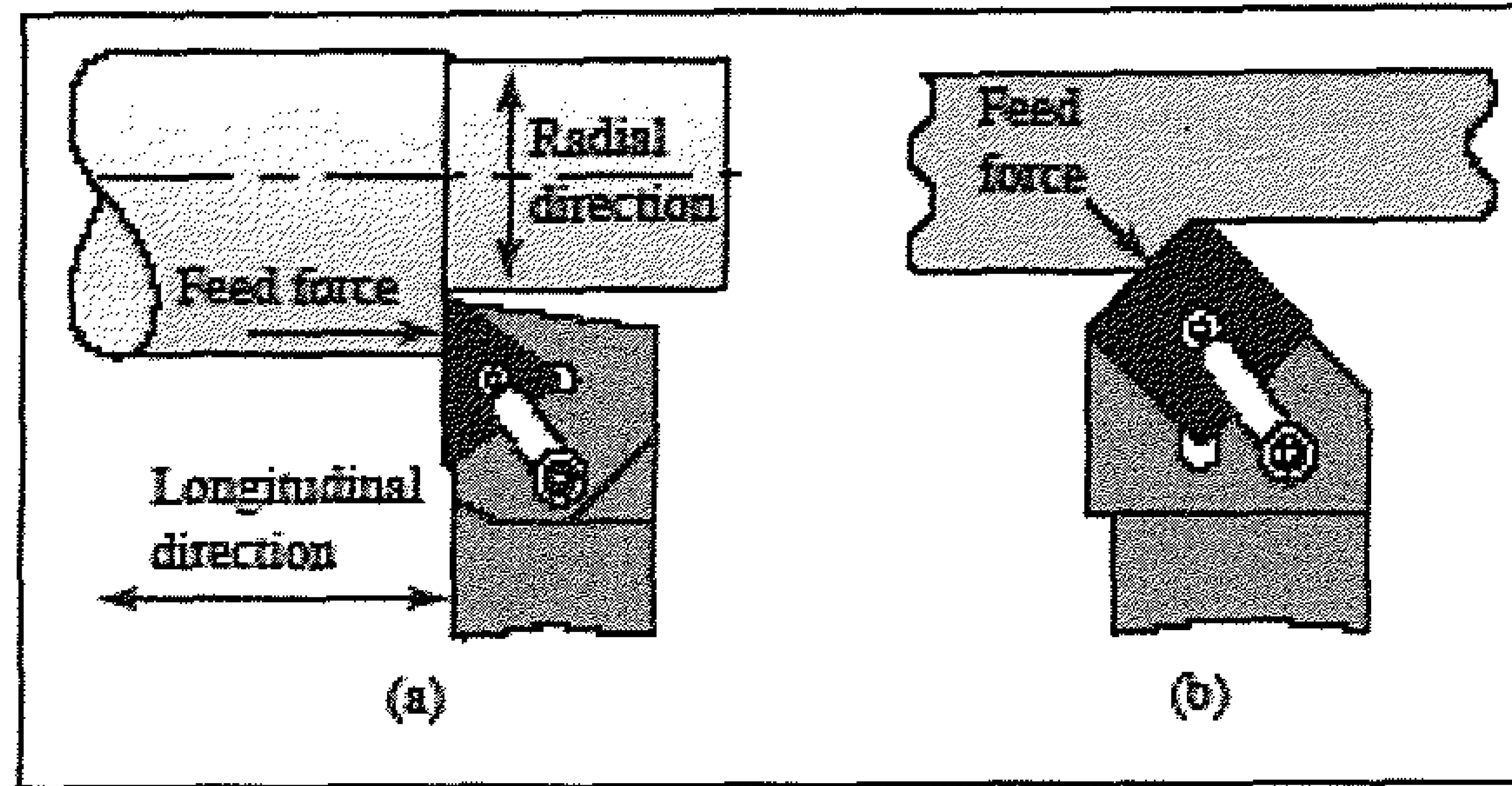
يتم تحديد زاوية المقدمة والمبينة في الشكل رقم (2-14) بواسطة ماسك العُدد والذي يجب أن يتم إختياره حسب نوع العمل الذي يقوم به. يمكن إستخدام اللُقمة نفسها في أي ماسك مناسب ولذلك يكون شكل اللُقمة غير مهم في زوايا المقدمة. إن الإعتبار الأهم عند إختيار ماسك العُدة هو زاوية المقدمة.



الشكل رقم (2-14): أنواع زوايا المقدمة (a) السالبة، b- المتعادلة، c- الموجبة

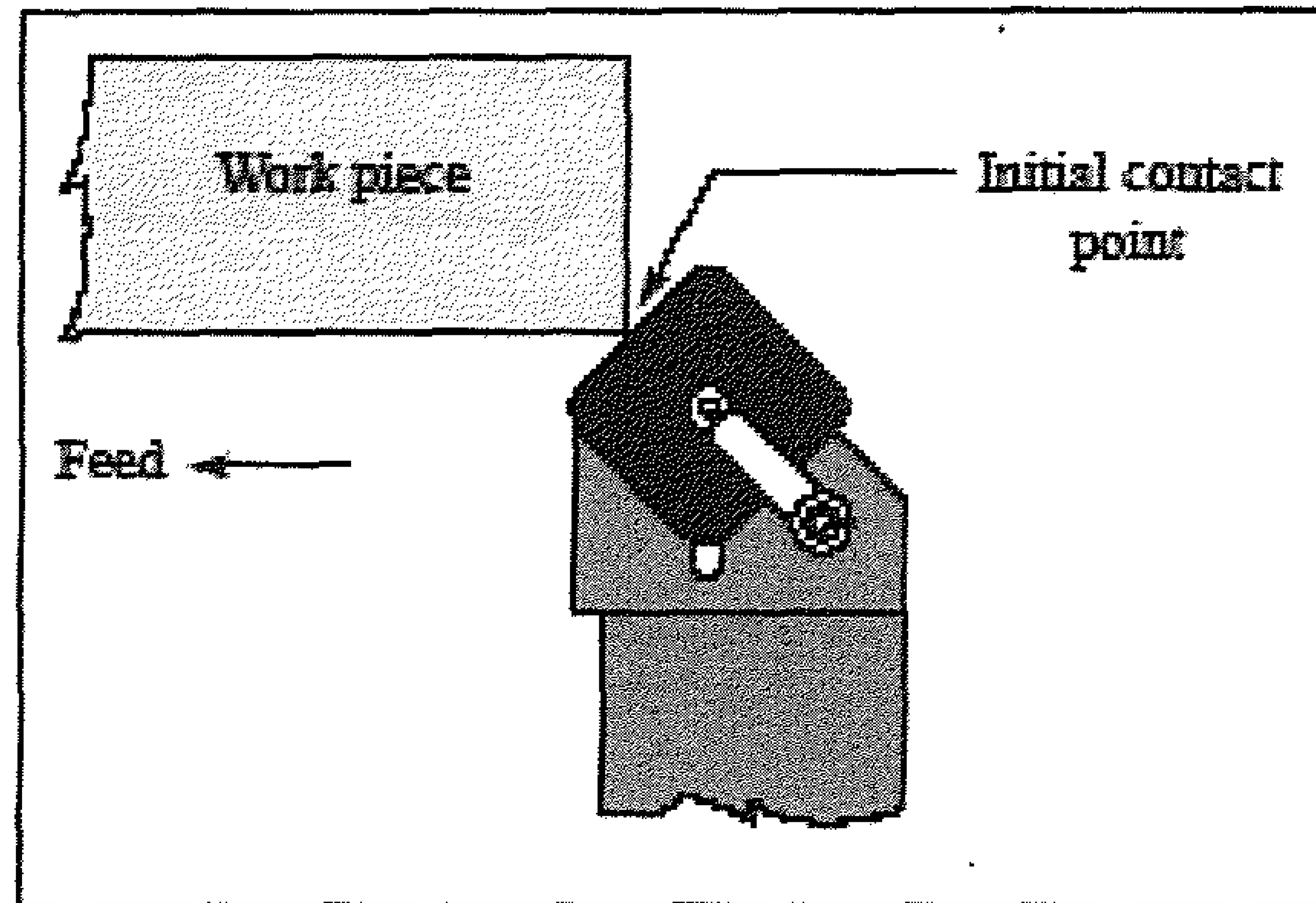
تعتبر زاوية المقدمة الموجبة (*Positive Lead Angle*) الأكثر استعمالاً ويجب أن يتم إختيارها لأجل التطبيقات الرئيسية. يتم إستخدام زاوية المقدمة الموجبة لإنجاز عملين أساسيين هما : تحيف الرايش و حماية اللُقمة . يقل سمك الرايش غير المشوه عند إستخدام زاوية مقدمة موجبة. زوايا المقدمة الموجبة متنوعة، ولكن من أكثر زوايا المقدمة المتوفرة شيوعاً على الماسكات القياسية (10°، 15°، 30°، 45°).

من خلال الشكل رقم (2-15) تشاهد بأن حجم مادة الرايش هي نفسها تقريباً في كل حالة ولكن زاوية المقدمة الموجبة توزع قوة القطع فوق مساحة أوسع لحافة العُدة ، مما يسمح بزيادة جوهرية في معدل التغذية بدون أن يؤدي ذلك إلى إختزال عُمر العُدة بسبب التحميل المفرط. كذلك إن زيادة زاوية المقدمة يؤدي إلى زيادة معدل التغذية.



الشكل رقم (2-15): زاوية المقدمة وعملية تكوينها للرايش

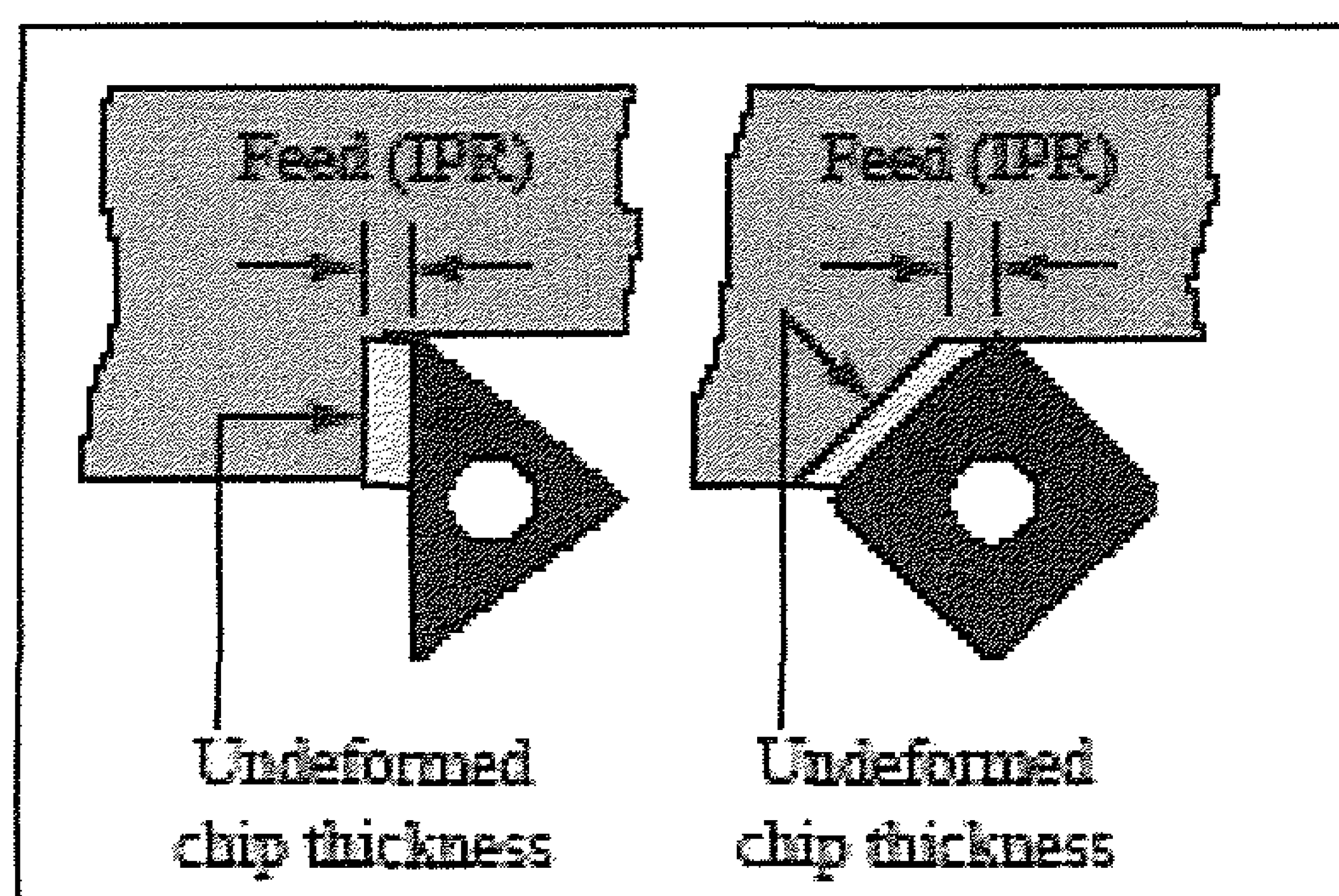
زوايا المقدمة الموجبة تختزل القوة الطولية (إتجاه التغذية) على القطعة المشغلة ولكنها تزيد القوة نصف القطرية والسبب يعود إلى إن قوة القطع هي دائماً عمودية تقريباً لحافة القطع كما في الشكل رقم (2-16) وربما تصبح هذه الحالة مشكلة عند تشغيل المواد وهي غير مثبتة جيداً. ويجب أن تؤخذ الحيطة في الحالات التي لا تستخدم التثبيت الطرفي مثل مركز الغراب المتحرك.



الشكل رقم (2-16): زوايا المقدمة وتأثيرها على القطع الطولي ونصف القطري، قوى التغذية لعُدة القطع

تمتلك زاوية المقدمة الموجبة الشديدة ميلاً لإحداث الإصطكاك بسبب كبر مساحة إتصال العُدة. هذا الإصطكاك هو عبارة عن تضخم إنحراف العُدة أو القطعة المشغلة الناتج من زيادة الإتصال، وفي هذه الحالة من المناسب تقليل زاوية المقدمة الموجبة. تعمل زاوية المقدمة الموجبة على أية حماية العُدة وإعطاءها عُمر أطول

. وكما موضح في الشكل رقم (2-17)، فإن التماس الذي يحصل بين العُدة والقطعة المشغلة يكون عند طرف العُدة تماماً، وهذه تعتبر أضعف نقطة في عُدة القطع . عند تقدم العُدة في القطع فأن الحمل المنجز ضد العُدة سوف يزداد تدريجياً وليس حدوثه كصدمة فجائية لحافة القطع .



الشكل رقم (2-17): التماس التدريجي التغذية/القطعة المشغلة

كذلك تقوم زاوية المقدمة الموجبة بإختزال البلى على حافة القطع المتسبب بواسطة طبقة المادة المصلدة أو القشرية حيث تقوم بتحيف هذه الطبقة ونشرها فوق أكبر مساحة . تعتبر هذه الميزات مفيدة للغاية أثناء القطع المتقطع . الطريقة الأُخرى التي تساعد بها زاوية المقدمة الموجبة على إطالة عُمر عُدة القطع هي بالسماح للحرارة الشديدة المتراكمة بالتشتت بسرعة لأن أكبر مساحة من العُدة تكون بتماس مع القطعة المشغلة .

تمتلك عُدد القطع ذات زاوية المقدمة المتعادلة والسالبة بعض الفوائد في مجال التشغيل، حيث تقدم الزوايا المتعادلة أقل مقدار لإتصال العُدة والذي في بعض الأوقات سوف يختزل الميل للإصطكاك ويقلل القوى الطولية . وهذا الشيء مهم على القِطع المشغلة أو أنظمة القطع قليلة الإستقرار. تسمح زوايا المقدمة السالبة بتشغيل الأكتاف أو الزوايا ومفيدة لتسوية السطوح . تعمل قوى القطع على دفع عُدة القطع خارج موضعها مؤدية إلى خلل في السيطرة على حجم القطع، لذلك يجب أن يتم تجنب زوايا المقدمة السالبة كلياً إن أمكن .

2.4.2 تحضير الحافة (Edge Preparation) .

إن تحضير الحافة هي خطوة يتم إتخاذها لإطالة عُمر العُدة أو لتحسين إدائها ، وهنالك أربعة نقاط أساسية لتحضير الحافة هي :

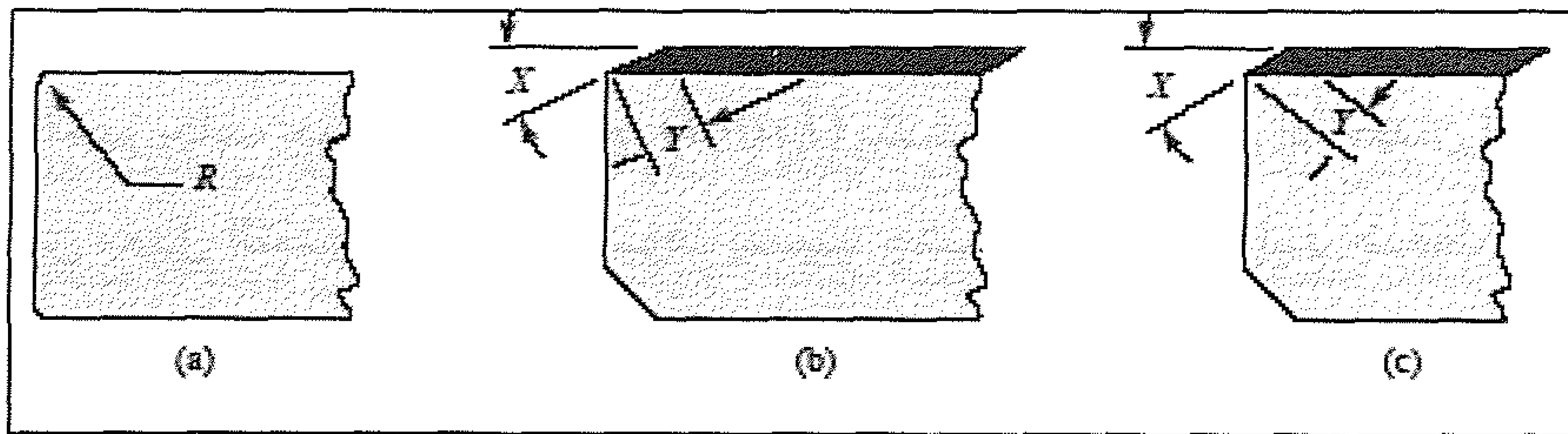
1- صقل أو شحذ الحافة (Edge Hone).

2- حافة "L" ("L" Land).

3- الحافة المشطوبة (الحد المائل) (Edge Chamfer).

4- مزيج من كل هذه العوامل.

الكثير من لقم القطع ومن ضمنها الكاربيدية والسيراميكية وغيرها يتم شراءها مع حافة محضرة قياسية ، وهي عادة بشكل حافة مشحوذة، إن الغرض الأساسي لتحضير الحافة هو زيادة مقاومة اللقمة للتشظي، الكسر، والبلى . الشكل رقم (2-18) يوضح تحضيرات الحافة الأساسية. مواد العُدة مثل الكاربيد والسيراميك تكون صلدة وهشة جداً ، لذلك حافة قطع المقدمة الحادة على اللقم تجعل هذه المواد معرضة بشكل كبير للتشظي والكسر . إن تشظي العُدة سوف يجعل معدل البلى بشكل كبير أو حتى يحصل الكسر. تحضير الحافة يستعيد حافة عُدة القطع الحادة ويعطي فوائد أخرى مثل إعادة توزيع قوى القطع.



الشكل رقم (2-18): الأنواع الثلاثة الأساسية لتحضير الحافة

a- الشحذ b- حافة L c- الشطب

1.2.4.2 شحذ الحافة (Edge Hone) .

يعتبر شحذ الحافة أكثر أنواع تحضير الحافة إستعمالاً. العديد من اللقم تزود تلقائياً بحافة مشحوذة عند شراءها وخاصة لقم القطع الواسعة والتي تكون متعرضة لعمليات قطع شديدة . إن شحذ الحافة يكون مطلوب جداً في اللقم التي تستخدم للتجليخ . الشحذ القياسي الخفيف في الولايات المتحدة مثلاً يمتلك عادة قطر يتراوح من ("0.001 – "0.003) .أما الشحذ القياسي الشديد يتراوح قطره من ("0.004 – "0.007)، أما الأقطار الأكبر من هذه المديات فيتم عملها حسب الطلب ونوع العمل المنجز . تمتلك الحافة التي تم تحضيرها بالشحذ الشديد مقاومة أكبر للتشظي والكسر وخصوصاً عند تشغيل مقطوعات خشنة جداً ، القطع الغير مستمر، قطع النتوءات الصلدة، والقطع القشري .

2.2.4.2 حافة (L) (L-Land) .

إن تحضير الحافة (L) يضيف مقاومة لحافة عُدة القطع. تقوم الحافة (L) بتوسيع مزايا الجرف السالب عن طريق تحويل مقدار كبير لقوة القطع داخل جسم اللقمة ، بسبب كون الزاوية المحصورة عند حافة اللقمة هي (110°) كما تقبل الزاوية (90°). تكون حافة (L) مفيدة خصوصاً عندما يعني التعشيق بين العُدة والقطعة المشغلة من القشرة، الإنقطاعات، والخشونة، معدل التغذية يجب أن يتجاوز عرض الحيز خلف حد العُدة القاطع ($Land$) بثلث واحد، حيث إذا كان العرض أكبر من معدل التغذية فأن ذلك سوف يسبب حشر الشظايا وتوليد ضغط مفرط بشكل عالي وربما تحصل حرارة عالية مما يسبب بالنتيجة النهائية فشل سريع للعُدة، إن شكل (L) بشكل عادي هو بزاوية (20°) عند ثلثي معدل التغذية.

معدل التغذية يجب أن يتجاوز عرض الحيز ($Land$) بحوالي ثلث واحد. إذا تم تغير الزاوية الحيز من (20°) فأنها يجب أن تكون أقل من (20°) وليس أكبر منها للحفاظ على عدم إنحشار الرايش. تستخدم حافة (L) بشكل عام فقط على اللقم

السالبة، مسطحة القمة الموضوعة بزاوية جرف سالبة. ولإستخدام حافة (L) على لقمة موجبة أو موجبة/سالبة فأنه يجب قهر غرض فعل القطع الموجب.

3.2.4.2 الشطب (Chamfer).

الشطب هو حالة بين الشحذ الشديد وحافة (L). يزيد الشطب من مقاومة اللُقمة للتشظي والكسر. في حالة العمل بالورشة فأن الشطب هو أسهل وأسرع للتطبيق من الشحذ الشديد بسبب كونه يمكن عمله مع مجلخ وبالأحرى الشحذ اليدوي. عند تطبيق الشطب فأنه يجب أن يكون طفيف جداً وبزاوية (45°) وبأبعاد $(0.005'' - 0.03'')$. ينتج عادة عن الشطب حالة قطع سالب والتي يمكن أن يتولد عنها بعض المشاكل. مجال التطبيق للأجزاء المشطوبة محدودة ويجب أن تؤخذ الحيطة والحذر في حالة الإستعمال. غالباً ما يستعمل الشطب الطفيف على العُدد الصلدة والهشة من أجل عمل إنهاء قطع خفيف جداً على المواد الصلدة حيث يقوي الشطب حافة القطع.

4.2.4.2 الجمع بين الطريقتين (Combinations).

في أي وقت يمكن المحافظة فيه على الحافة حادة فأن عُمر اللُقمة سوف يطول. عندما يتم عمل لقمة بحافة (L) أو حافة مشطوبة فأنها سوف تعمل على تحسين إداء اللقمة، ولكنها في الوقت ذاته سوف تترك بعض الزوايا شبه الحادة، وللحصول على الفائدة القصوى من الحافة (L) أو الشطب فأنه من المساعد لذلك إضافة شحذ طفيف لكل زاوية شبه حادة، حيث سوف تكون هذه الإضافة هامة في توسيع أو زيادة عُمر العُدة عندما يتم إستخدام حافة (L) واسعة.

5.2.4.2 نصف قطر المقدمة أو الأنف (Nose Radius).

يمتلك نصف قطر المقدمة تأثيراً كبيراً على عملية قطع المعدن. إن الوظيفة الأساسية لنصف القطر هو إعطاء المقاومة لطرف العُدة. إن إختيار نصف قطر معين سوف يؤثر في نتائج عملية القطع، وعلى أية حال فأن لُقم القطع يتم تزويدها

بأنصاف أقطار قياسية ومتنوعة، وفي معظم الحالات فأن واحد من هذه الأقطار سوف يفي بحاجة كل عملية قطع معينة . كذلك يؤخذ حجم نصف القطر بنظر الإعتبار حيث نصف القطر الواسع يجعل طرف عُدة القطع أقوى، كذلك نصف القطر الواسع يسبب إتصال أكبر مع السطح المشغل ويمكن أن يسبب الإصطكاك (*Chatter*) . كذلك قوى القطع سوف تزداد مع نصف القطر الواسع لنفس السبب، وهو زيادة الإتصال مع السطح المشغل .

عندما يحصل قطع قليل العمق أو ضحل (*Shallow Out*) يساوي نصف القطر أو أقل منه، فأن نصف القطر يعمل كزاوية مقدمة موجبة تعمل على تنحيف الرايش . كذلك يسمح نصف القطر الواسع لحرارة القطع بالتشتت بسرعة داخل جسم اللقمة ، خافضاً بذلك درجة الحرارة المتراكمة عند حافة القطع . أحد أكثر تأثيرات نصف القطر الواسع أهمية هو الإنهاء السطحي، حيث كلما زاد نصف القطر كان الإنهاء السطحي أفضل عند معدل تغذية متساوي. إضافة إلى ذلك يسمح نصف القطر الواسع بإستخدام معدلات تغذية سريعة لحين الحصول على إنهاء سطحي مقبول . أثناء الإنهاء السطحي فأن معدل التغذية يجب أن لا يتجاوز نصف القطر إذا كانت هنالك حاجة لإنهاء سطحي مقبول .

3.4.2 كسارات الرايش (Chip Breakers) .

إن تكسير الرايش بفعالية عند إستخدام التشغيل بالعُدد الكاربيدية له أهمية كبيرة ليس من جهة الإنتاج فقط وإنما كذلك من جهة السلامة . عندما يتم تشغيل الفولاذ بعُدة كاربيدية عند سرعات قطع كفوءة، فأن ناتج القطع يكون على شكل رايش مستمر ينساب بعيداً عن القطعة المشغلة بسرعة عالية . فإذا سمح لهذا الرايش بالإستمرار هكذا فأنه ربما يلتوي حول مثبت العُدة، القطعة المشغلة، ظرف العُدة (*Chuck*) ، وربما يلتف حول ذراع المشغل. لهذا ليس المشغل وحده في خطر، حيث إذا التف الرايش حول القطعة المُشغلة فأنه سوف يتم إهدار الوقت في

إزالته مما يسبب خسارة في الإنتاج، لهذا يجب السيطرة على هذا الرايش وتكسيره بطريقة معينة .

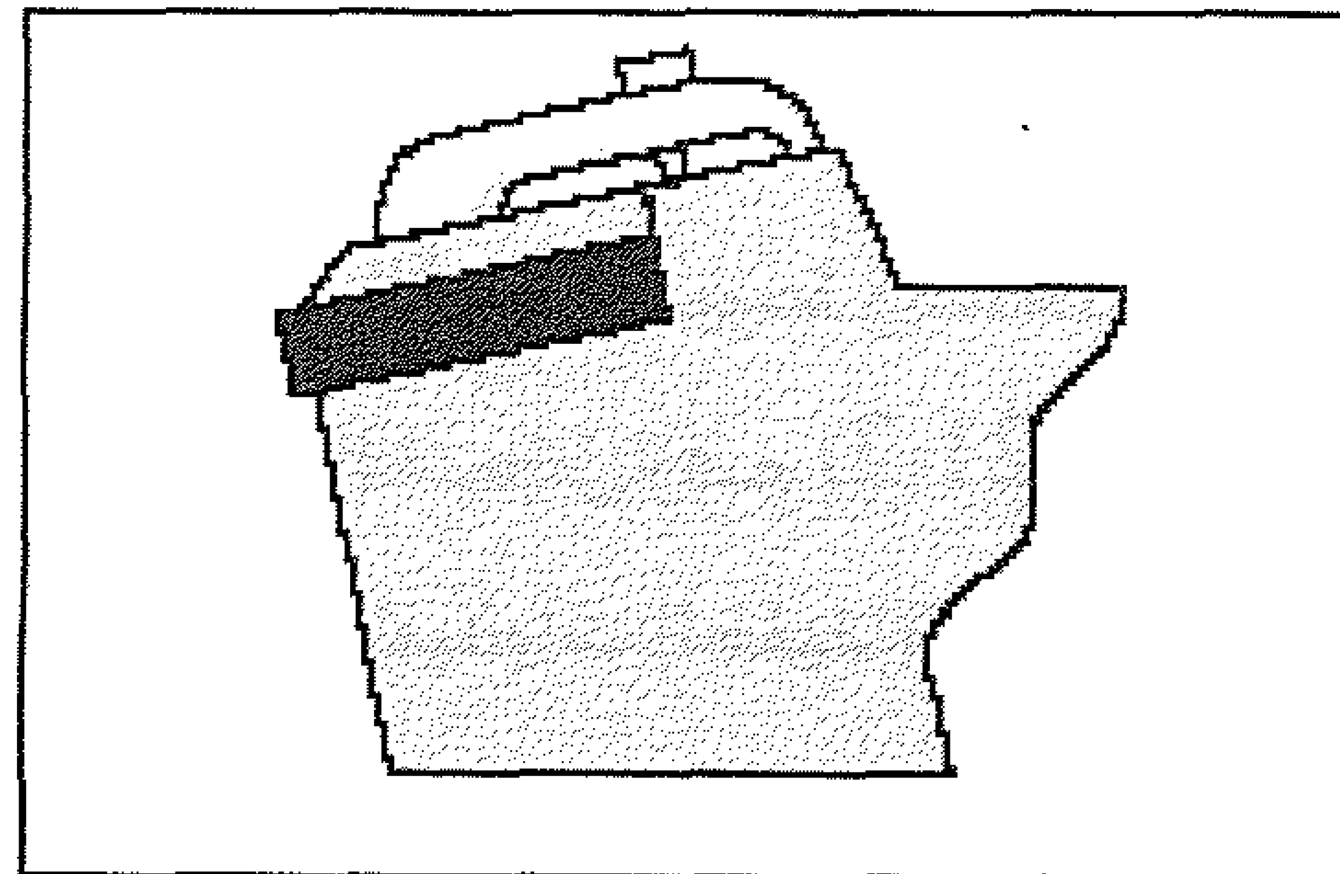
مع ظهور التشغيل بماكنات التحكم الرقمي (NC) وأنظمة معالجة الرايش آلياً أصبحت عملية السيطرة على شظايا الرايش أكثر أهمية من ذي قبل . إن السيطرة على الشظايا على أية ماكنة قديمة كانت أو جديدة يساعد على تجنب صعود الرايش مع العُدة وإختزال تدابير الأمان مع الشظايا المتطايرة. وهنالك بحوث متواصلة من أجل تطوير أساليب السيطرة على الرايش .هنالك نوعين أساسيين من الكسارات التي تستخدم للسيطرة على الرايش وهي :

1- كسارات الرايش الميكانيكية .

2- كسارات الرايش الملبدة .

1.3.4.2 كسارات الرايش الميكانيكية (Mechanical Chip Breakers).

وهي موضحة في الشكل رقم (2-19)، هذه الكسارات غير شائعة الإستخدام، حيث هنالك أجزاء كثيرة موجودة مع هذه الكسارات والتي تعمل على زيادة الكلفة، إضافة إلى ذلك تُعيق كسارات الرايش الميكانيكية تغير وترتب عُدة القطع . على أية حال، كسارات الرايش الميكانيكية فعالة للغاية في السيطرة على الرايش أثناء عمليات إزالة المعدن الشديدة .



الشكل رقم (2-19): كسارة الرايش الميكانيكية

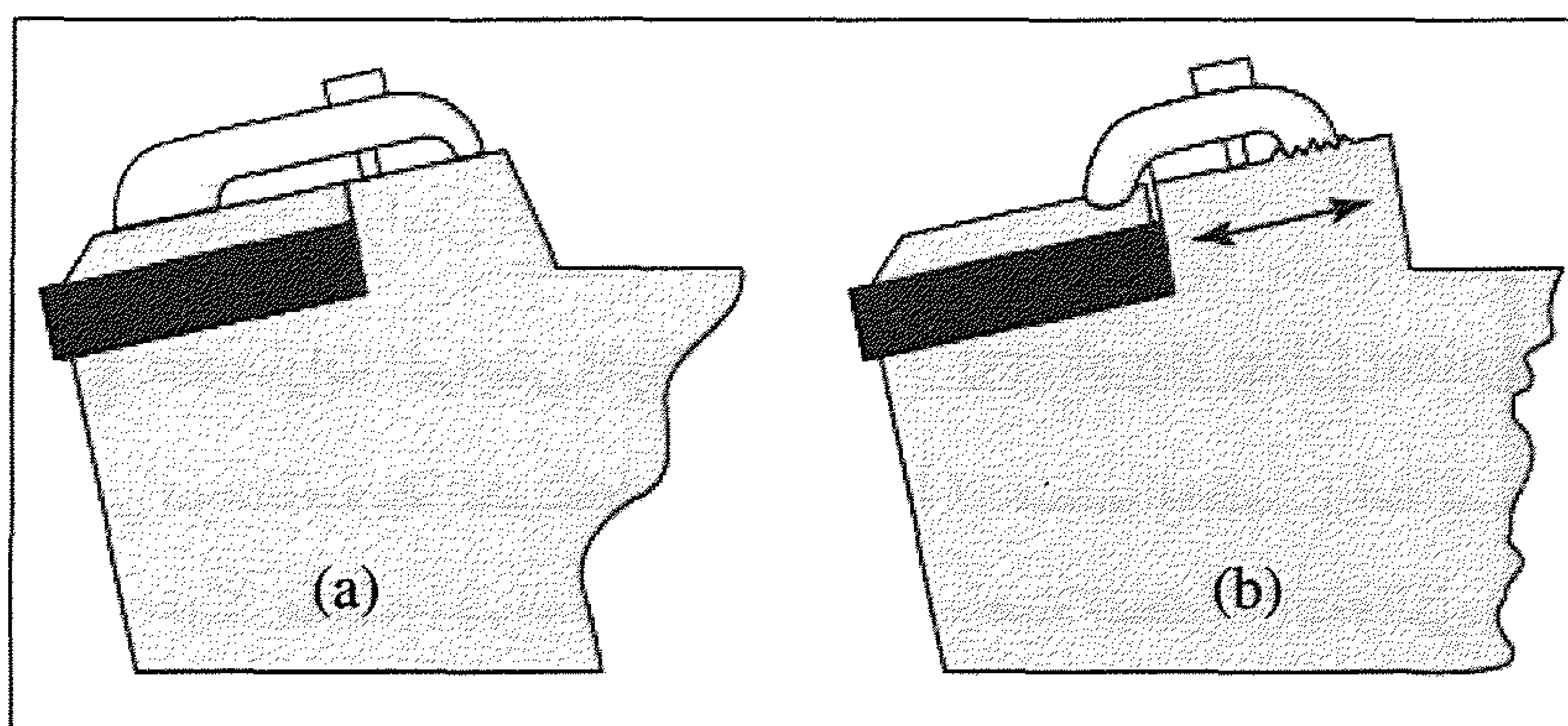
تقسم كسارات الرايش الميكانيكية إلى مجموعتين هما :

1. **كسارات الرايش الميكانيكية الصلبة** (Solid Mechanical C.B).

موضحة في الشكل رقم (2-20-a)، يوجد هذا النوع من الكسارات بأطوال وزوايا مختلفة لتتناسب مع كل تطبيق يستخدم لقطع المعدن.

2. **كسارات الرايش الميكانيكية القابلة للتعديل** (Adjustable M.C.B).

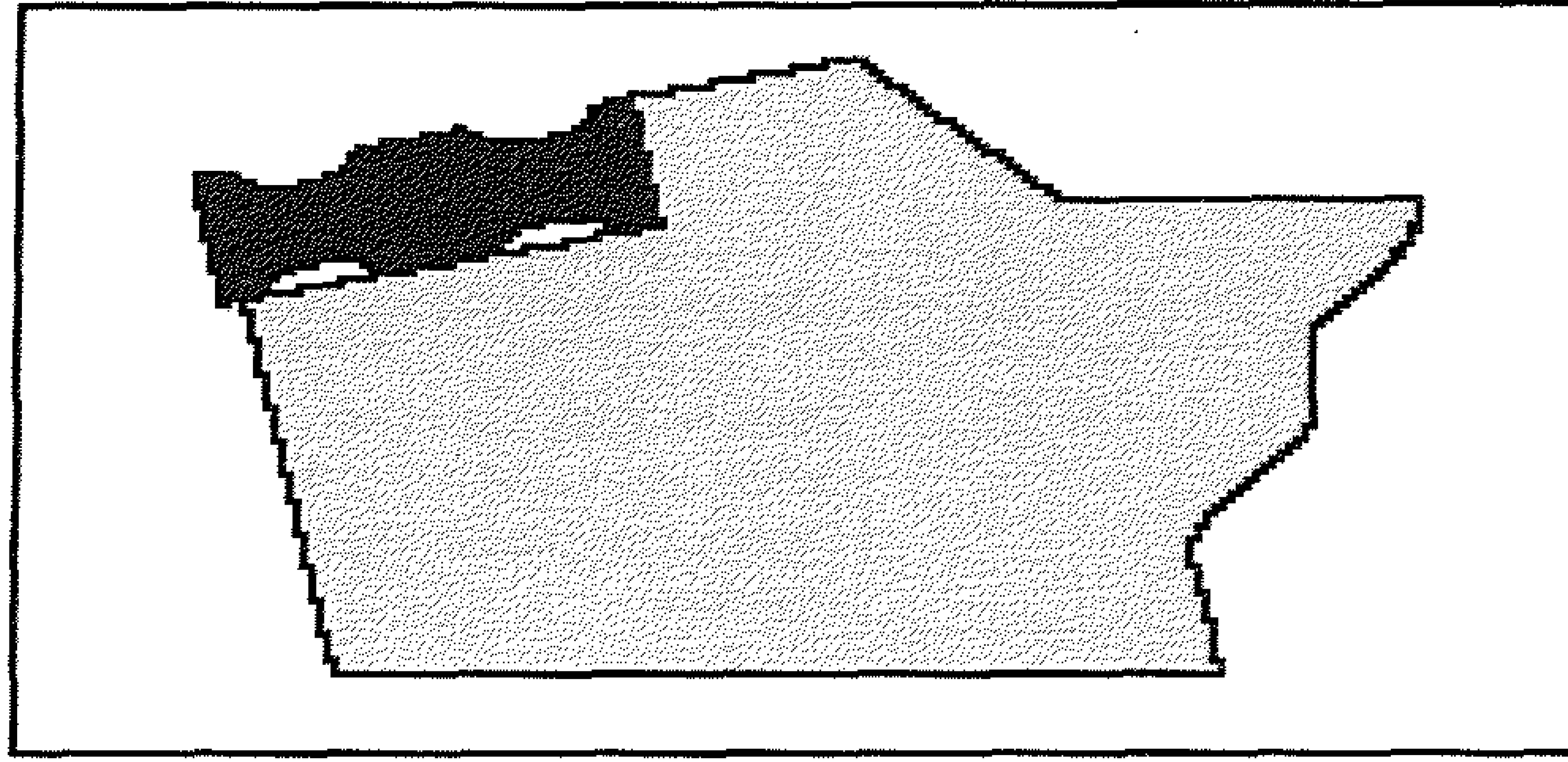
موضحة في الشكل رقم (2-20-b)، يمكن أن يزيل هذا النوع من الكسارات الحاجة لإسناد الأحجام لكسارات الرايش الصلبة.



الشكل رقم (2-20): أنواع كسارات الرايش الميكانيكية a -الصلبة b- القابلة للتعديل

2.3.4.2 كسارات الرايش المُلبدة (Sintered Chip Breaker) .

هذا النوع من الكسارات الأكثر شيوعاً وإستخداماً في عمليات قطع المعدن. الكسارات الملبدة والمبينة في الشكل رقم (2-21) موجودة في أصناف مختلفة وعديدة، البعض منها صمم للتغذيات الخفيفة والبعض الأخر صمم للتغذيات الشديدة وبقيت الأصناف الأخرى تستخدم لكلا النوعين من التغذية .



الشكل رقم (2-21): كسارة الرايش الملبدة

أشكال الكسارات الملبدة المختلفة موضحة في الشكل رقم (2-22). هنالك تصاميم مفردة الجوانب ومزدوجة الجوانب للقم كسارات الرايش الملبدة. العديد من هذه التصاميم سوف تختزل قوى القطع بصورة هامة إضافة السيطرة على الرايش، وعلى العموم فأن استخدام اللقم مزدوجة الجوانب يكون أكثر اقتصادية بسبب حافات القطع الإضافية الموجودة.

هذا الاستخدام ليس صحيحاً على الدوام، حيث على الرغم من كون اللقمة المزدوجة الجانب أكثر اقتصادية تحت ظروف القطع المعتدل والنهائي بسبب حافات القطع الإضافية فأن التصاميم مفردة الجانب تقلل الكلفة من خلال فعاليتها الأكبر في السيطرة على الرايش وإختزال قوى القطع في حالات معينة. الشكل رقم (2-22) يوضح إن اللُقمة مفردة الجوانب تكون مسطحة القاعدة مقارنة مع اللُقمة مزدوجة الجوانب. هذه القاعدة المسطحة تزود اللُقمة بإسناد أفضل تحت حافة القطع في حالة القطع الشديد. تمتلك اللُقمة مفردة الجانب قدرة لإزالة مقدار كبير من المادة مع سهولة وكفاءة كبيرة ويرجع السبب الى إسنادها المضاف مما يجعلها أكثر اقتصادية في الاستخدام. هنالك سبب آخر يجعل اللُقمة مفردة الجانب ربما أكبر اقتصادية وهو تحت ظروف التشغيل العنيفة نادراً ما يتم إستخدام كل حافات قطع اللُقمة المزدوجة . الصدمة الحرارية والميكانيكية الشديدتين التي تتعرض لها اللُقمة سوف تؤدي الى إتلافها لدرجة إن حافة القطع المعاكسة تصبح غير صالحة

للإستعمال. الشكل رقم (2-23) يبين خمس أشكال للُقم شائعة الإستخدام مع كسارات الرايش الملبدة.

Double-Sided General-Purpose Groove Geometries

.004—.020 ipr feed range		Offers excellent mix of low cost per cutting edge and effective chip control. Designed for general-purpose use at low feed rates.
.005—.065 ipr feed range		Offers excellent mix of low cost per cutting edge and effective chip control. Designed for general-purpose use at medium feed rates
.012—.070 ipr feed range		Offers excellent mix of low cost per cutting edge and effective chip control. Designed for general-purpose use at high feed rates

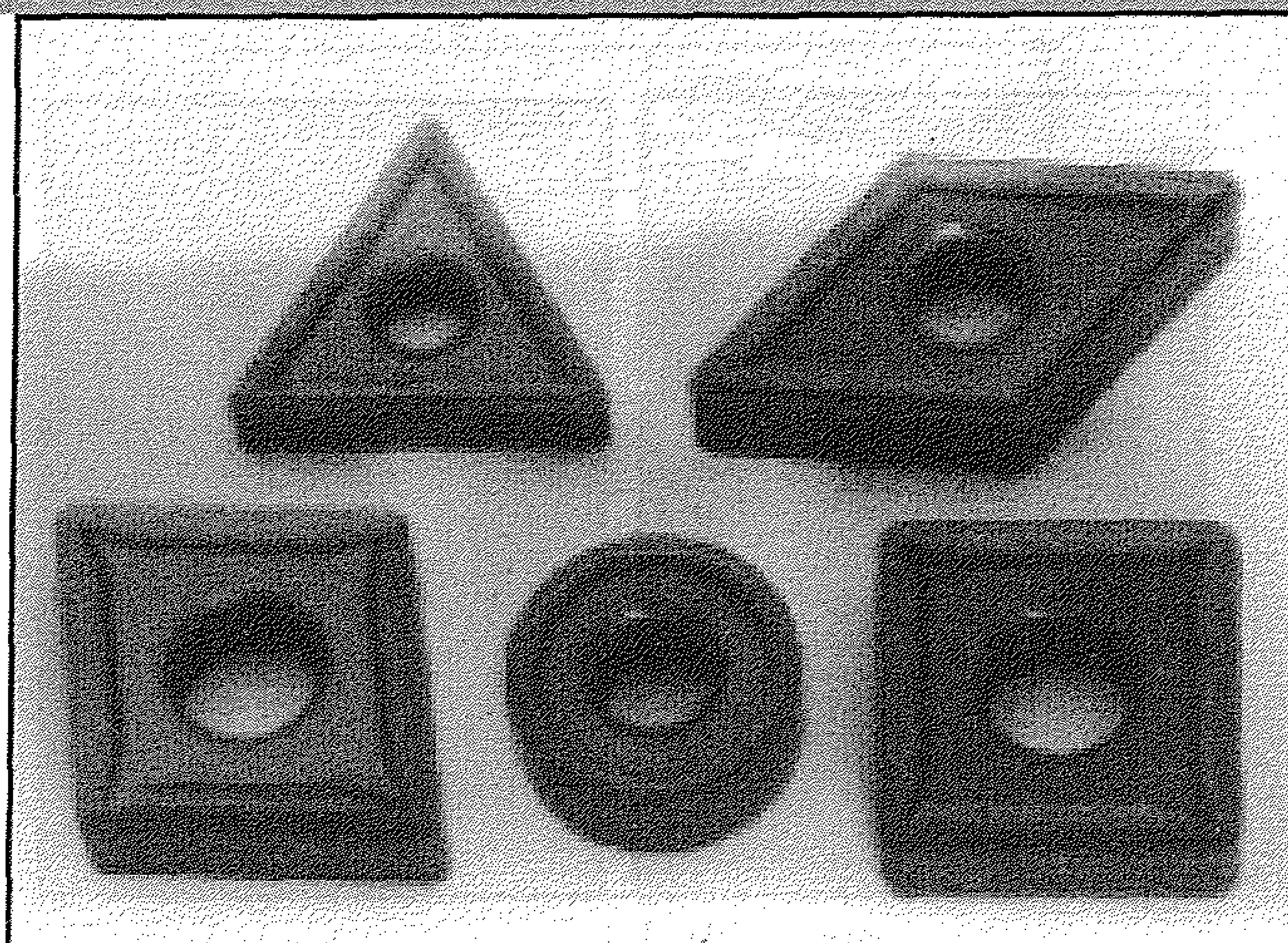
Single-Side Low Force Groove Geometries

.005—.045 ipr feed range		Offers lower cutting forces than general-purpose grooves in medium feed range applications. Insert has 11¡ clearance angle for use in positive rake tool holder.
.006—.050 ipr feed range		Generates about 25% less cutting force than general-purpose chip grooves. Designed for medium-feed applications where force reduction, particularly in the radial direction, is important.
.012—.078 ipr feed range		Generates about 25% less cutting force than general-purpose chip grooves. Designed for ultra-high-feed applications where force reduction is important.

Double-Sided Low Feed Groove Geometries

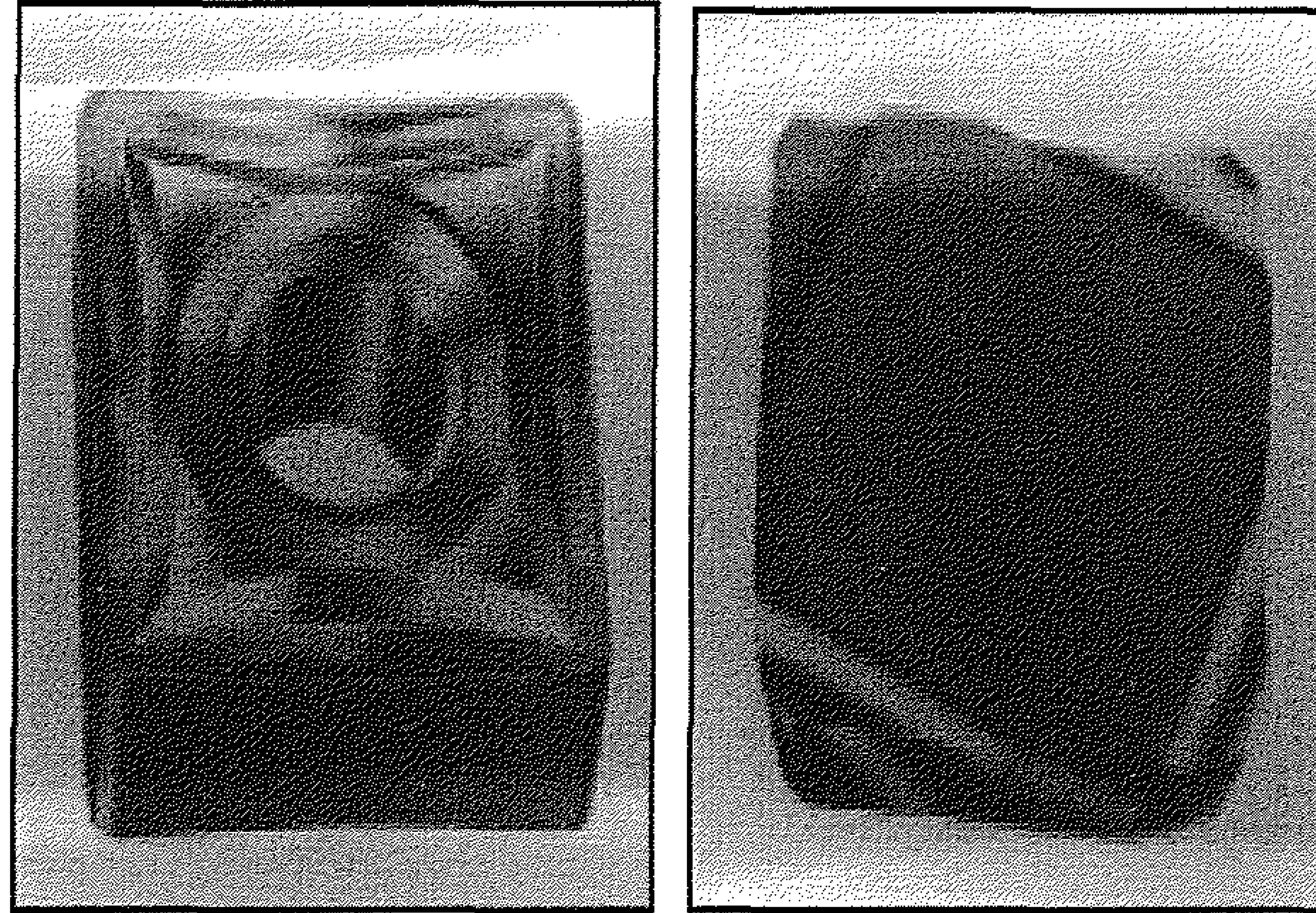
.003—.024 ipr feed range		Offers excellent chip control at ultra-low feed rates. Positive/negative design provides some force reducing advantages. Low cost per cutting edge.
.004—.032 ipr feed range		Positive/negative design provides lower cutting forces than general-purpose grooves in low- to medium-feed range. Offers low cost per cutting edge than other force-reducing geometries.

الشكل رقم (2-22): أشكال متنوعة لكسارات الرايش الملبدة



الشكل رقم (2-23): خمسة أشكال للقم شائعة الاستخدام مع كسارات الرايش الملبدة

الشكل رقم (2-24) يوضح لقمتين مربعتين مع كسارات رايش لأغراض خاصة. أثبتت الإحصاءات بأنه تحت الظروف القاسية للتشغيل تعتبر اللُقمة مفردة الجانب الإختيار الإقتصادي بسبب كفاءتها العالية في وقت إزالة كمية أكبر من المعدن في وقت أقل، إضافة إلى ذلك فأن نصف حافات القطع المتوفرة للُقمة مزدوجة الجوانب لايمكن إستعمالها في هكذا ظروف ولأسباب ذكرت سابقاً، عندئذ تكون اللُقمة مفردة الجانب هي الأكثر فعالية، وتمتلك بشكل أساسي نفس العدد من حافات القطع التي لايمكن إستخدامها، وهي أكثر لُقمة إقتصادية للإستخدام.



الشكل رقم (2-24): لقمتان مربعتا الشكل مع كسارات رايش ذات غرض خاص مفرد الجانب

إضافة لما تم ذكره من أنواع الكسارات والتي عرضت في الشكل رقم (2-22) هنالك العديد من الأشكال الأخرى لتصاميم كسارات الرايش الخاصة بكل مُصنع والتي لها تطبيقاتها الخاصة بها.

5.2 أنواع الرايش (Types of Chips) .

تختلف نوعية الرايش تبعاً لنوع المعدن ومعدل التغذية وسرعة القطع. كل هذه العوامل تعمل على تشكيل الهيئة النهائية لشكل الرايش الناتج من عملية القطع . الشكل رقم (2-25) يوضح أنواع مختلفة للرايش والتي نراها بشكل يومي عند العمل داخل ورشة لقطع المعادن. إن تفحص هذه الشظايا الناتجة من القطعة المشغلة سوف يعطي الكثير من المعلومات عن كيفية سير العمل بشكل جيد ، كيف يتقدم بلى العُدة ، ولماذا يحصل فشل العُدة السابق لأوانه أو يصبح عُمر العُدة أقصر من المتوقع.

Straight chips	
Snarling chips	
Infinite helix chips	
Full turns	
Half turns	
Tight chips	

الشكل رقم (2-25): أنواع مختلفة من الرايش المتكون من عمليات القطع

1.5.2 الرايش المستقيم (Straight Chips) .

الرايش المستقيم هو الأكثر إزعاجاً من بين أنواع الرايش حيث هذا النوع من الرايش يلتف على عُدة القطع والقطعة المشغلة وأداة التثبيت، كذلك يعيق عمل أداة إزالة الرايش. هذا النوع من الرايش تكونه المواد المطيلية (*Ductile Materials*) مثل الفولاذ واطئ الكاربون. إن أحد أسرع طرق إزالة الرايش المستقيم هو بزيادة معدل التغذية ويعود السبب في ذلك إلى إن سمك الرايش يزداد مما يسهل كسره . الطريقة الأُخرى هي تقليل زاوية المقدمة والتي سوف تعمل على زيادة سمك الرايش، زيادة سرعة القطع، إستخدام عُدة جرف سالبة، أو إستخدام لُقمة حاوية على كسارة الرايش .

2.5.2 الرايش المتشابك (Snarling Chips) .

وهو رايش مستمر أيضاً تقريباً مثل الرايش المستقيم . يتكون بصورة عامة بنفس الظروف التي يتكون فها الرايش المستقيم ويولد نفس المشاكل، غير إنه يكون ملتوي الشكل أو متشابك. تستخدم نفس الطرق السابقة التي أُستعملت في الرايش المستقيم للتخلص من الرايش المتشابك، إضافة إلى تبريد الرايش بالرذاذ أو السوائل الكثيفة عندما يقطع مما يساعد على تكسيره .

3.5.2 الرايش الحلزوني غير المنتهي (Infinite Helix Chips) .

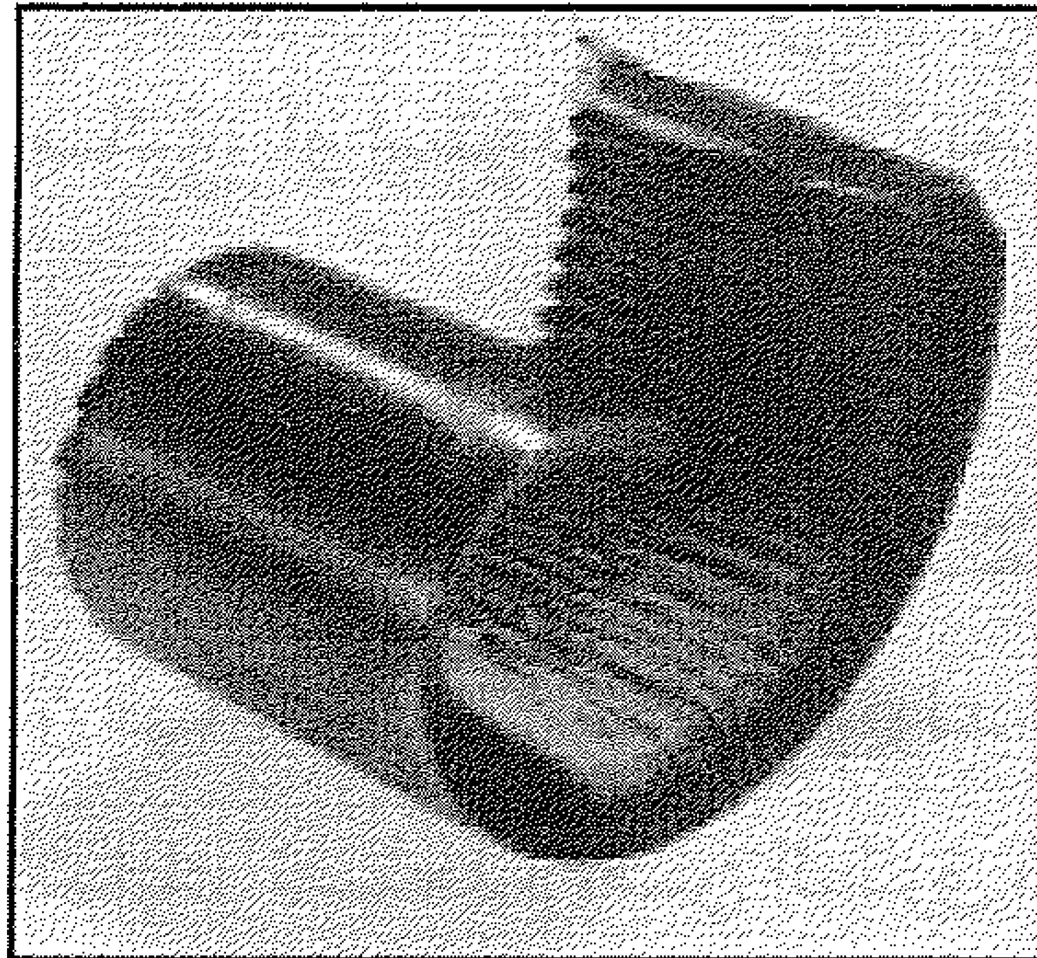
الرايش الحلزوني غير المنتهي هو الذي يقترب من نقطة الكسر، إن المشاكل التي تتولد من هذا النوع من الرايش تشابه تلك المتولدة في حالة الرايش المستقيم. يكون الرايش الحلزوني شائع التكون في حالة تشكيل المواد المطيلية واللاحديدية . يحصل هذا النوع من الرايش غالباً عندما يستخدم قطع خفيف مع عُدد جرف موجب . وللتخلص من هذا النوع من الرايش يتم إستخدام لقمة تشغيل تحتوي على كسارة رايش ملبدة والتي سوف تغير مسار إنسياب الرايش وتكسيره، إضافة إلى ذلك فأن زيادة التغذية أو سرعة القطع سوف تساعد في كسر الرايش الحلزوني .

4.5.2 الرايش المستدير (Full Turn Chips) .

عادة هذا النوع من الرايش ليس بمشكلة طالما هو متماسك وبدون سلاسل عرضية. الرايش كامل الإستدارة المتماسك هو قريب الشكل من الرايش نصف المستدير المثالي .

5.5.2 الرايش نصف المستدير (Half Turn Chip) .

إذا كان هنالك رايش يقترب من الرايش المثالي فهو نصف المستدير أو رايش شكل "6" . الرايش نصف المستدير يُعرف بشكل الرايش الكلاسيكي والشكل رقم (2-26) يوضح شكل هذا النوع الرايش .



الشكل رقم (2-26): الرايش نصف المستدير أو الرايش المثالي

6.5.2 الرايش المغلق أو المشدود (Tight Chips).

لا توجد مشكلة من ناحية المعالجة أو الإتصال البيني ولكن هذا النوع من الرايش يعطي علامة على حدوث ربما فشل قبل أوانه للعُدة أو قِصر عُمر العُدة. يتكون الرايش المشدود بواسطة ضغط عالي يسبب حرارة عالية جداً والتواء العُدة والقطعة المشغلة، وفشل سريع للعُدة . الرايش المشدود هو رايش محشور بمعنى إن مجرى إنسيابه مقيد فوقياً. إن أسباب ذلك تعود إلى معدل التغذية العالي والمفرط ، زاوية الجرف السالبة المفرطة ، إختيار كسارة الرايش المناسبة ، التصسيب ،أو تآكل اللُقمة . في أكثر الأوقات يتولد الرايش المستقيم المتشابك أو الحلزوني عند بداية عملية القطع، عندما تكون العُدة جديدة . عندما تبدأ اللقمة بالبلى فإن الرايش يصبح تدريجياً مُشكل كثيراً وربما مكسور. بعد ذلك ربما تتقدم الحالة إلى تَكون الرايش المغلق أو المشدود وبشكل نهائي يحصل فشل كبير للعُدة .هذه الحالة تحدث من خلال نوع من بلى عُدد القطع يسمى التحفر (أنظر الأشكال (a-9-2) و (a-10-2)). في البلى الحفري يتغلغل الحز داخل اللُقمة مسبباً تكون حز كسارة الرايش الكاذب (*False Chip Breaker Groove*) والسبب يعود إلى إن اللُقمة ليست من مرتبة الكاربيد الصحيحة، ليست بالشكل الصحيح، أو ربما تكون سرعة القطع أكثر من اللازم .

6.2 العُدد المقسمة (Indexable Type Tooling).

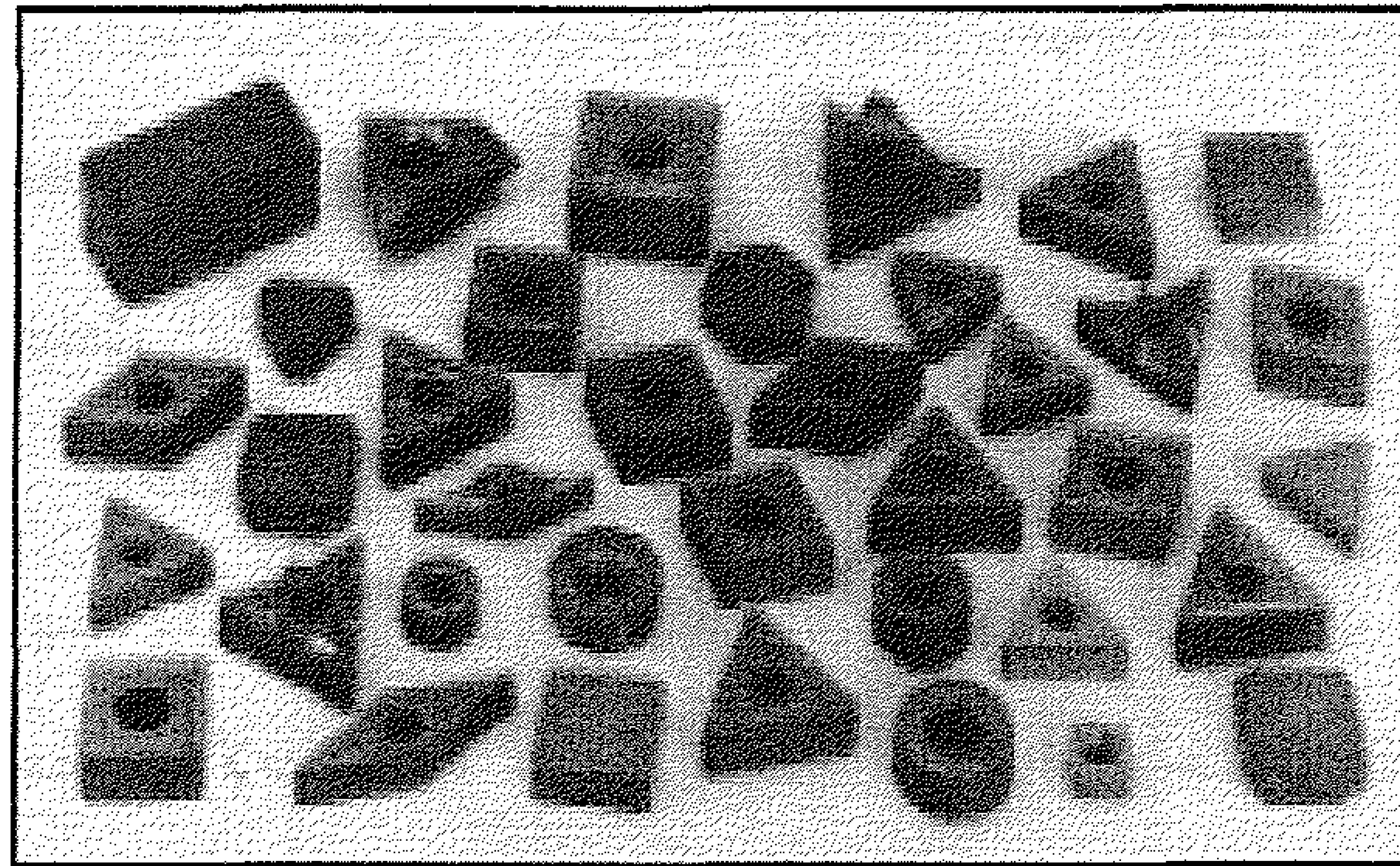
واحدة من أكثر التطورات الحديثة في مجال تصميم عُدد القطع هي اللُقمة المقسمة (*Indexable Insert*) والتي تثبت ميكانيكياً في ماسك العُدة . هذه اللُقم بأسماك عديدة وأحجام وأشكال متنوعة فمنها المستدير، المربع، المثلث، والشكل الماسي مقدرة لأكبر نسبة مئوية . الأشكال الأُخرى للقم تضم متوازي المستطيلات، السداسي والخماسي، حيث تستخدم لتلائم متطلبات تشغيل معينة . كل شكل من هذه الأشكال يمتلك مميزات ومحددات خاصة به ويجب أن تؤخذ

العوامل التشغيلية بالإضافة إلى العوامل الإقتصادية بنظر الإعتبار في إختيار التشغيل بالقطع . أكثر أشكال اللُقم شيوعاً تم توضيحها في الشكل رقم (2-23).

1.6.2 أشكال اللُقم المقسمة (Indexable Insert Shapes) .

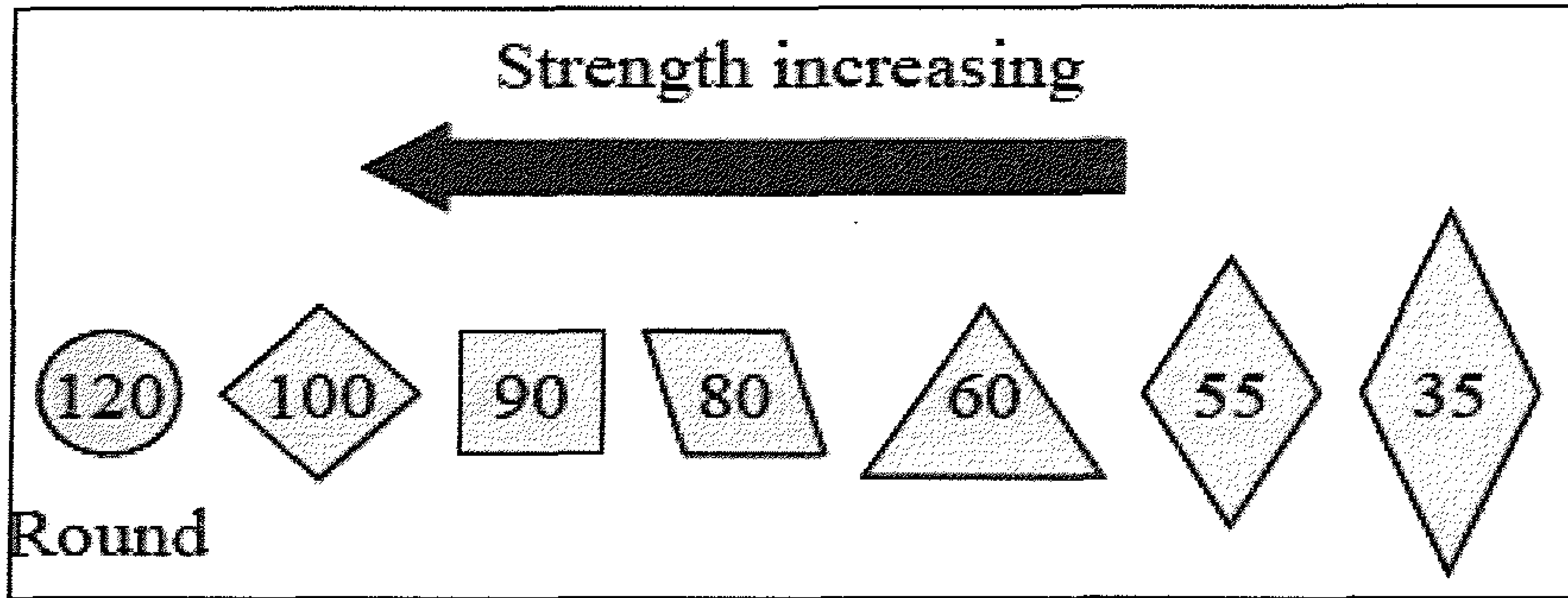
لقد أثبتت اللُقم المقسمة مكانتها وأمكاناتها في صناعة تشكيل المعادن . إن بعض المميزات الناتجة من إستخدام هكذا عُدد هي إزالة أو تحديد إعادة التجليخ ، ضبط أو دقة هندسة العُدة، إختزال تكاليف العُدة، وتقليل الزمن اللازم لتغييرات العُدة .

هنالك أربعة أشكال أساسية من هذه اللُقم وأشكال خاصة متنوعة أخرى سوف يتم في هذا الفصل مناقشة الأشكال الأربعة الأساسية وهي المربعة، المثلثة، الماسية، والمستديرة، بسبب إن (95٪) تقريباً من كل عمليات التشغيل تنجز بهذه الأشكال، وتتوفر هذه الأشكال في هيئات عديدة تلائم غالباً أي عمل ينجز بها . كل شكل من هذه الأشكال الأربعة ممكن أن ينجز له جرف سالب، موجب، أو سالب/موجب، مع أو بدون حزوز كسارة الرايش، مع أو بدون ثقوب أو تجاويف، مع تحضيرات حافة متنوعة، بتفاوتات متنوعة وفي أنصاف أقطار وأحجام مختلفة. أشكال اللُقم المتنوعة وهيئاتها موضحة في الشكل رقم (2-27) .



الشكل رقم (2-27): أشكال لُقم متنوعة، مع أو بدون ثقوب، مع أو بدون كسارات الرايش

إن إختيار شكل خاص أو اللُقمة يتطلب مقدار كبير للأعداد والتفكير حتى تنجح عملية التشغيل، ويجب أن يستند إختيار شكل اللُقمة على عوامل مهمة مثل هيئة أو شكل القطعة المشغلة، والتفاوت مادة القطعة المشغلة، كمية المادة المراد إزالتها، قدرة الماكنة، والإعتبارات الإقتصادية. يمتلك شكل اللُقمة تأثير على مقاومة اللُقمة وكما موضح في الشكل رقم (2-28)، حيث كلما كانت الزاوية المحصورة عند طرف اللُقمة كبيرة كانت المقاومة أكبر.



الشكل رقم (2-28): أشكال لُقم متنوعة وتناسبها مع المقاومة

تكون اللُقمة المستديرة والشكل الماسي بزاوية (110°) هي الأقوى. وبسبب قوى القطع العالية وإمكانية الإصطكاك فأن هذه اللُقم أكثر محدودية في الإستعمال من الشكل المربع، ولذلك وللأغراض العملية فأن اللُقمة المربعة هي الأقوى للإستخدام العام. ويجب أن تستخدم اللُقم المثلثة والماسية فقط في حالة تشغيل الزوايا والأكتاف والتي تعجز اللُقم المربعة عن إنجازها.

1.1.6.2 اللُقمة المستديرة (The Round Inset) .

تعطي اللُقمة المستديرة أو الزرية (*Boutton*) إنهاء جيد عند تغذيات شديدة، وهي كذلك مثالية لأجل تشكيل أنصاف أقطار الزوايا الداخلية . وشكلها الدائري يعطي مقاومة هندسية أكبر، وتقدم عدد كبير من التقسيمات عندما يتم إنجاز مقطوعات خفيفة. يمتلك النوع المستدير الصلب والذي يثبت في مكانه

بواسطة وسائل تثبيت يمتلك حافات بزوايا (90°) للسطوح لإستخدامها في ماسكات الجرف السالب، لهذا تزود حافات قطع على جانبي اللقمة.

اللُقمة المستديرة لها محدداتها أيضاً، على أية حال، بما إن نصف قطر المقدمة الواسع ينحف الرايش ويزيد القوى بين العُدة والقطعة المشغلة لحجم قطع معين، فإنها تعاني من قوى قطرية عالية مقارنة مع القطع العادي، خصوصاً عند معدلات التغذية العادية . ينتج غالباً الإنحراف أو الإلتواء خصوصاً عند تشغيل مواد طويلة الرايش . لهذا السبب تستخدم اللُقم المستديرة بنجاح كبير على حديد الزهر والمواد الأخرى قصيرة الرايش، واطئة المقاومة، ولو أن معدلات التغذية الشديدة سوف تحسن غالباً فعل القطع على المواد المطيلية .

2.1.6.2 اللُقمة المربعة (The Square Insert) .

يعطي هذا النوع من اللُقم أربع أو ثماني حافات قطع، إعتماداً على تصميم ماسك العُدة . الجروف الموجبة تعني إن زوايا الخلوص يجب أن تكون مجلخة على اللُقمة لهذا السبب يتم إزالة عمل جانب واحد . بفضل إستخدام اللُقم المربعة لمعظم أعمال التشغيل، حيث تسمح علاقات تصميم القطعة المشغلة والعُدة بإستخدامها . شكل اللقمة المربعة يعطي مقاومة تقترب كثيراً من تلك في اللقمة المستديرة، ولكن مع الإقتصاد بحافات القطع الأربع أو الثماني، كذلك تسمح بالإختزال في زاوية حافة القطع الجانبية والمشكلة تتناسب مع فعل تنحيف الرايش للمستديرة .

إن تطبيق العُدة الإقتصادية تفرض إستخدام شكل لُقمة والذي يعطي العدد الأقصى من حافات القطع وتتناسب مع عملية التشغيل. مثلاً إذا أُريد تشغيل كتف مربع فأن اللُقمة المربعة سوف يتم إستبعادها من الإختيار بسبب إن تصميم العُدة لشكل (A) . بما إن زاوية حافة القطع الخلفية أو النهائية ($ECEA$) مطلوبة حتى نصفي عُدة السطح المشغل، لذلك فأن إستخدام شيء له زاوية أقل من (90°) والمحصورة بين جانب ونهاية العُدة يكون إلزامي .

3.1.6.2 اللُقمة المثلثة (The Triangular Insert) .

تزود هذه اللُقمة بثلاث أو ست حافات قطع، إعتماداً على أي زوايا خلوص مطلوبة على العُدة لإستخدامها في ماسك جرف موجب. إن زاوية (60°) المحصورة في اللُقمة المثلثة ليست أقوى من زاوية (90°) للُقمة المربعة أو نصف قطر اللُقمة المستديرة، ومع ذلك لا يزال الكثير من عمليات القطع تنجز بكفاءة مع اللُقم المثلثة . خراطة الكتف، والأجزاء الكنتورية وعمليات أخرى كثيرة تحتاج زاوية حافة قطع خلفية مؤثرة والتي تستطيع اللُقمة المثلثة التزويد بها .

زاوية (60°) المحصورة مناسبة كذلك لعمليات تحزيز الأسنان . بسبب الحافات القاطعة القليلة التي توفرها اللُقمة المثلثة ومقاومتها الواطئة فيجب ألا تستخدم اللُقمة وماسكها إلا عندما تعجز باقي الأشكال الهندسية عن تقديم الغرض المطلوب منها .

4.1.6.2 اللُقمة الخماسية (The Pentagon Insert) .

البنتاغون أو اللُقمة خماسية الجوانب تقوم بتزويد حافات القطع بمقدار مرة أو مرتين لكل لُقمة، والحافات الإضافية هي السبب الرئيسي لهذا التصميم . هنالك أيضاً ميزة المقاومة الأكبر من المربعة والمثلثة في الزاوية المحصورة والبالغة (108°). وكما في حالة التصميم المربع له محددات تصميمية وتطبيقية. يجب دائماً على العُدة أن تقطع مع زاوية حافة قطع جانبية ($SCEA$) والتي تعمل على تنحيف الرايش وتحسين عُمر العُدة .

على أية حال، فأن زاوية حافة القطع الجانبية لايمكن أن تستخدم دائماً بداعي متطلبات شكل الجزء المراد إنهاءه أو بسبب زيادة القوى المحورية التي تسبب الإصطكاك والإنحراف للقطعة المشغلة . زاوية ($SCEA$) الواطئة والتي يمكن إستخدامها هي (24°). تترك هذه بعدها (6°) زاوية حافة قطع خلفية أو نهائية ($ECEA$). زاوية ($ECEA$) لقيمة (33°) تنتج في (15°) لزاوية ($ECEA$) والتي تشابه لتلك المستخدمة على أدوات الصنف (B) القياسية وهي مناسبة تماماً.

5.1.6.2 اللُقمة الماسية (The Diamond Inserted) .

إن الإتجاه في تصميم المخرطة هو نحو تشغيل يولد الشكل على القطعة المشغلة، وهذا الشيء يتم إنجازه بواسطة توجيه العُدة بحيث هي نفسها تعمل الإنهاء السطحي، الخراطة، وتشكل نصف القطر، الشطب، وتشغيل الأشكال الأخرى . ومن أجل توفير مثل هكذا عُدة تفي بمتطلبات هذه المناورات المعقدة، فأنها يجب أن تلاقي مواصفات تصميمية معينة. بما إن العُدة غالباً ما تُغطس (*Plunges*) على طول زاوية، فتكون الحاجة الى مقدار كبير من زاوية (*ECEA*). التسوية الخلفية (*Back Facing*) هي شائعة في مثل هكذا أوضاع وهذا الشيء يتطلب (*SCEA*) سالبة.

لقد تطورت اللقمة الماسية بشكل ثابت لعمليات الإقتفاء (*Tracing*). نظام الترقيم القياسي الصناعي يتضمن تصاميم للقم الماسية مع زوايا محصورة (86°، 80°، 55°، 35°). الحجم المرغوب به كثيراً هو ذو زاوية محصورة قيمتها (55°). يوفر هذا الشكل الهندسي متطلبات الكثير من عمليات الإقتفاء.

عندما توضع اللُقمة في ماسك العُدة وقالب العُدة بحيث إنها تقطع بزاوية (*SCEA*) سالبة مقدارها (3°)، لذلك فأنها سوف تسوي خلفياً مع عمق قطعة لغاية (0.02") وفي معظم ماسكات العُدة سوف تكون قادرة على الغطس (*Plunge*) عند زاوية (20°) مع خلوص كافي . إن تثبيت العُدة بإحكام في الماسك بحيث يتم الحصول على مضاعفة حجم القطعة المشغلة، لتفاوت معين سوف يكون مشكلة .

إن ميل اللُقمة للإعوجاج في التجويف على عمليات الخراطة، التغطيس (*Plunging*)، أو تسحب خارج التجويف على عمليات الإنهاء الخلفي، ينتج في تغييرات التصميم بواسطة بعض المصنعين . تصنع اللُقم الماسية المقتفية (*Tracer*) في أشكال منتظمة وطولية. شكل الماس الطولي يزود بمقاومة عالية لفعل الإلتواء الناشئ من قوى القطع . ومازالت هنالك تطورات إضافية تجري على اللُقم المقتفية والماسكات بحيث تلائم تماماً وبشكل أفضل متطلبات عمليات الإقتفاء.

في بعض التصاميم فأن شكل اللقمة الماسية سواء أكان منتظم أو طولي يحبس داخل التجويف مع قلم منحرف المركز. هذا الشيء يعطي فعل تثبيت موجب، ويحبس اللقمة ضد الجدران الخلفية للتجويف، ويخفض فرص الحركة أثناء العمليات الكنتورية. إن إختيار العُدة لعملية الإقتفاء يجب أن يبدأ بالتحليل لمتطلبات العمليات. إن العُدة المختارة يجب أن تزود بأقوى شكل هندسي وتبقى تفي بالمتطلبات الكنتورية. إن أعمال الإقتفاء العديدة يمكن أن تنفذ بكفاءة مع اللُقمة المثلثة. إذا لم تحتوي العمليات على تسوية خلفية، لا يحتاج إلى $(SCEA)$ سالبة، ويمكن أن تستخدم شكل (A) القياسي للعُدة. في بعض الحالات من الممكن إستخدام عُدة صُممت للقطع مع $(SCEA)$ ، وعموماً فأنه يتم الحصول على عُمر أفضل للعُدة مع كلفة أقل لكل حافة قطع عندما يتم إستخدام عُدد بدون $(SCEA)$ سالبة .

6.1.6.2 اللُقمة المتوازية الأضلاع (The Parallelogram Insert)

يزود الشكل المتوازي الأضلاع للُقمة ببعض الميزات والتي تجعل إستخدامها مبرراً في تطبيقات معينة، حيث عندما تكون هنالك حاجة لحافة قطع جانبية طويلة والتي تكون في بعض الأحيان أكثر إقتصادية وفائدة أثناء التشغيل لذلك يميل إلى إستخدام اللُقمة المتوازية الأضلاع بدلاً عن اللُقمة المثلثة أو المربعة.

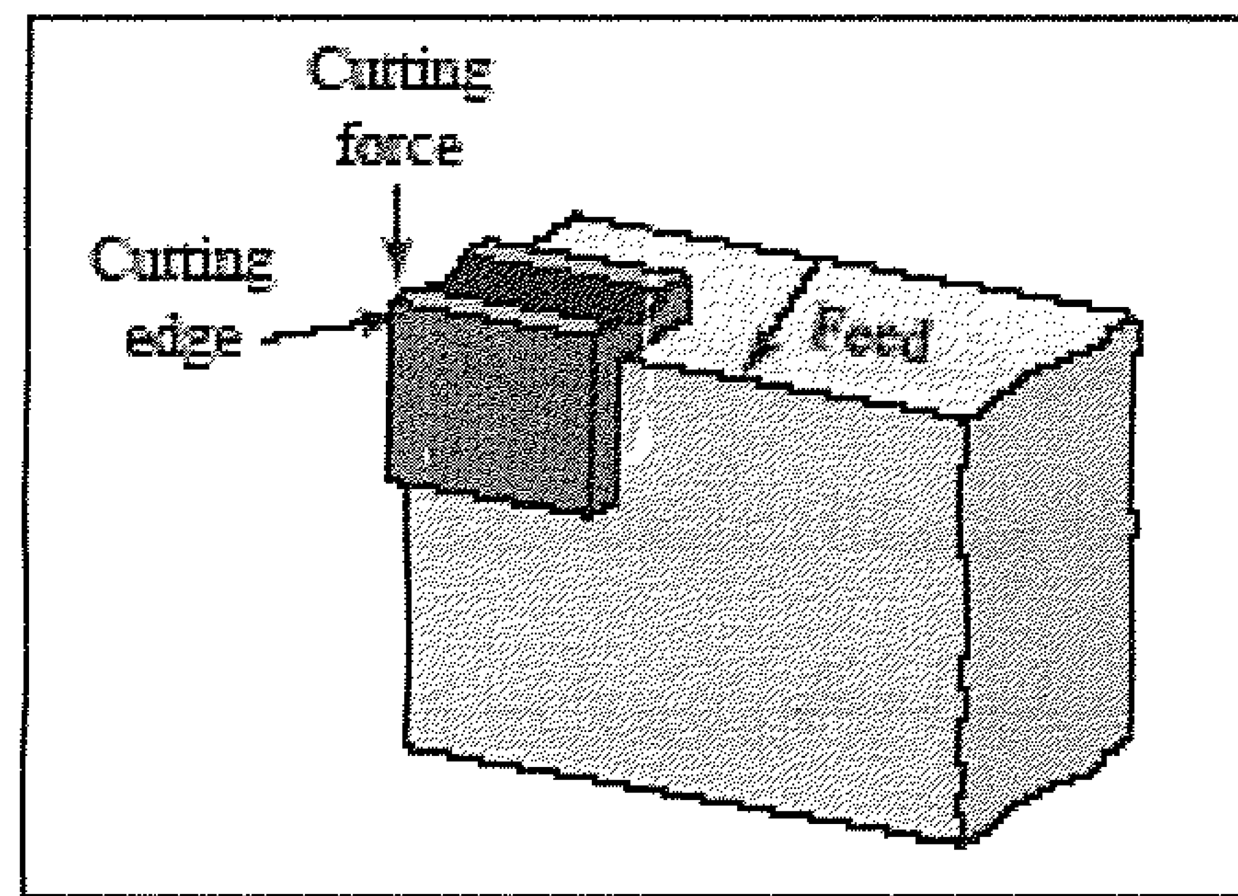
إضافة إلى ذلك يسمح الشكل متوازي الأضلاع بإنشاء شكل عُدة بحرف (A) مع مقاومة هندسية كبيرة، أكبر مما هو ممكن مع اللقمة المثلثة . إن المحدد في تصميم متوازي الأضلاع هو عدد حافات القطع الممكن إستخدامها . لُقمة الجرف السالبة يمكن أن تستخدم بزاويتين في ماسك أيمن أو أيسر. ولإستخدام حافتي القطع الباقيتين، فأنه يحتاج إلى يد الماسك المعاكسة. إذا لم يتم إستخدام كل الزوايا الأربعة للشكل المتوازي الأضلاع فأنه ربما يكون إختيار غير إقتصادي في القطع .

7.1.6.2 اللُقمة السداسية (The Hexagonal Insert) .

إن العُدة الدوارة صنعت إستخدام شكل اللقمة السداسية ، حيث يمكن أن تنفذ عمليات الخراطة ، الإنهاء أو التسوية ، والشطب من مواضع عدة . إن شكل اللُقمة السداسي يزود بحافات قطع قوية كما في حالة الشكل الخماسي، ولكن كذلك تكون الحاجة إلى القطع مع (*SCEA*) كبيرة . بسبب عُدد حافات القطع الممكن إستخدامها في تصميم اللُقمة السداسية تجعلها أكثر لُقمة إقتصادية حيثما يمكن أن تطبق .

8.1.6.2 اللُقمة ثابتة الحافة (The on- Edge Insert) .

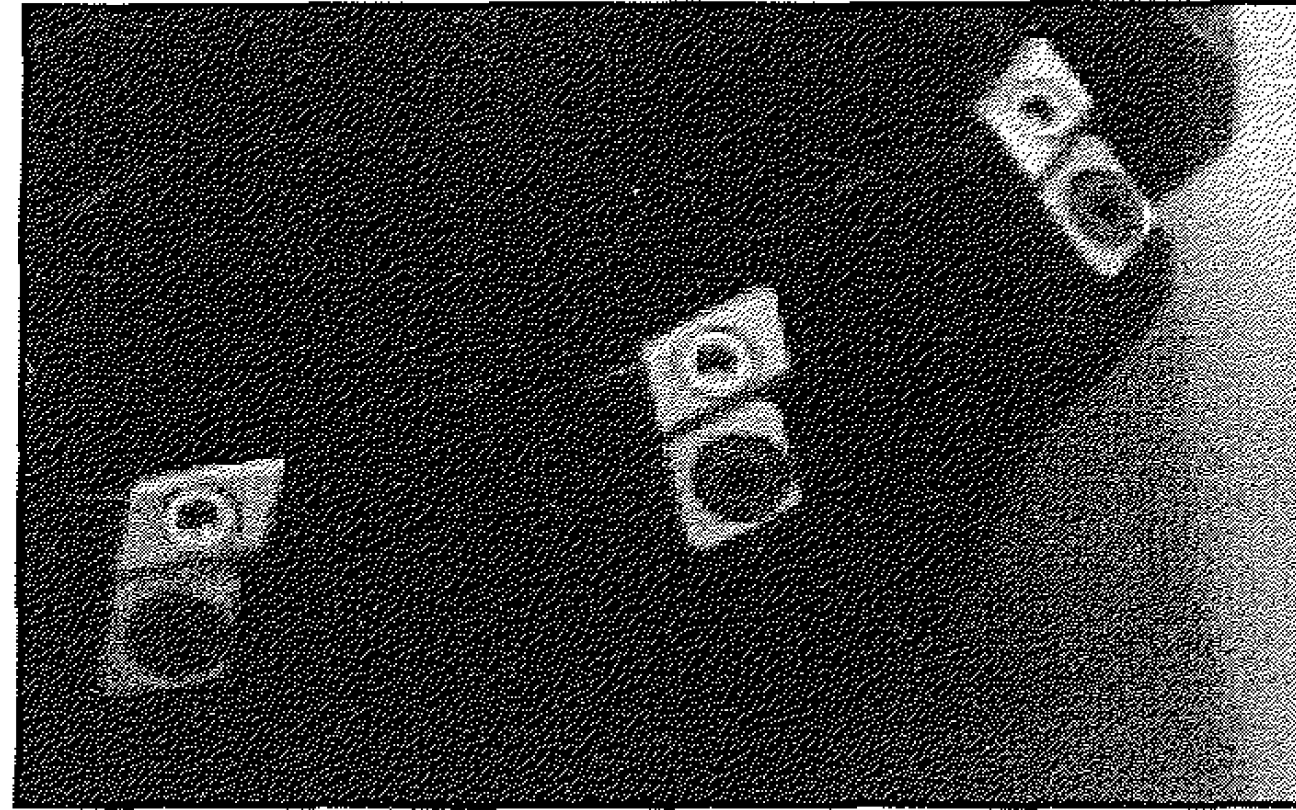
الشكل رقم (2-29) يمثل شكل تخطيطي للُقمة ثابتة الحافة . كانت النظرة حول اللُقمة ثابتة الحافة إنها تستخدم فقط لوقت قصير، ولكنها أصبحت أكثر شيوعاً . أول ما طُورت اللُقمة ثابتة الحافة لعمليات التفريز . إن السبب الرئيسي لتطويرها كان لإعطاء المقاومة المطلوبة لتقاوم عمليات القطع المتقطع لمقطوعات التفريز. إضافة إلى ذلك أصبحت اللُقمة الثابتة الأكثر شيوعاً للُقم الخراطة أيضاً .



الشكل رقم (2-29): تصميم عُدة خراطة ثابتة الحافة

يستخدم هذا النوع من اللقم بشكل رئيسي للقطع الخشن (*Rough Cutting*) عندما تكون قوى القطع عالية ، وتعاني غالباً من التقطعات. السمك الزائد للقمة الثابتة يقدم حماية أكبر من الحرارة وضد الصدمة لجانب حافة

القطـع المعاكسـة أثنـاء القطـع الخشـن جـداً، كمـا هـو عليـه في اللقـم القياسـية. الشـكل رقم (2-30) يوضح مقطع من قاطع تفريز من لُقم ثابتة الحافة.



الشـكل رقم (2-30): مقطع قاطع تفريز ثابت الحافة

2.6.2 اللُقم المقسمة-التصنيف والأحجام (Indexable Inserts Classes & Sizes).

اللُقم المتوفرة تجارياً بدرجات متنوعة من تفاوتات الأبعاد مثل دائـرة يحيط بها مثلث، القياس عبر سطوح الماس المربع أو الطولي، السمك، نصف قطر المقدمة، والتماسية. كل هذه الأبعاد ومعها عِدة عوامل أُخرى تساهم في جعل قدرة العُدة لتكون مضبوطة التقسيم ولتشغيل المادة إلى الحجم المطلوب. إن الحاجة إلى لُقم بتفاوتات مختلفة لا تعتمد كثيراً على البُعد الحجمي للجزء المسوى، ولكن تعتمد كثيراً على كيفية الإستخدام للعُدة في عملية التشغيل.

1.2.6.2 تصنيف اللُقم (Classification of Inserts).

1- اللُقم غير المجلخة (Unground Inserts).

من خلال تحسن تقنيات التصنيع، فأن العديد من مصنعي الكاربيد بإمكانهم تجهيز اللُقم والتي تفي بالمواصفات المطلوبة، لذلك يتم إستبعاد عملية التجليخ. إن حافات القطع التي تنتج بواسطة هذه العملية هي ليست فقط ثابتة ميتالورجياً ولكنها كذلك يتم شحذها لإعطاءها زيادة هندسية في المقاومة.

2- اللُقم العملية (Utility Inserts).

هذا النوع من اللُقم يتم تجليخه على أوجهه العليا والسفلى فقط.

3- اللُقم الدقيقة أو المضبوطة (Precision Inserts).

هذا النوع من اللُقم يجلخ بالكامل وبتفاوتات نهائية.

4- اللُقم المشحوذة (Honed Inserts).

إن تطور تقنيات إنتاج الشحذ للُقم خلق لُقم قياسية متوفرة لصناعة التشغيل في حالة الشحذ المسبق. هذه اللُقم تمتاز ليس فقط بإمتلاكها طبقة بلورية متشققة لا تُزال من منطقة حافة القطع، ولكن كذلك من أسطح عُدة القطع .

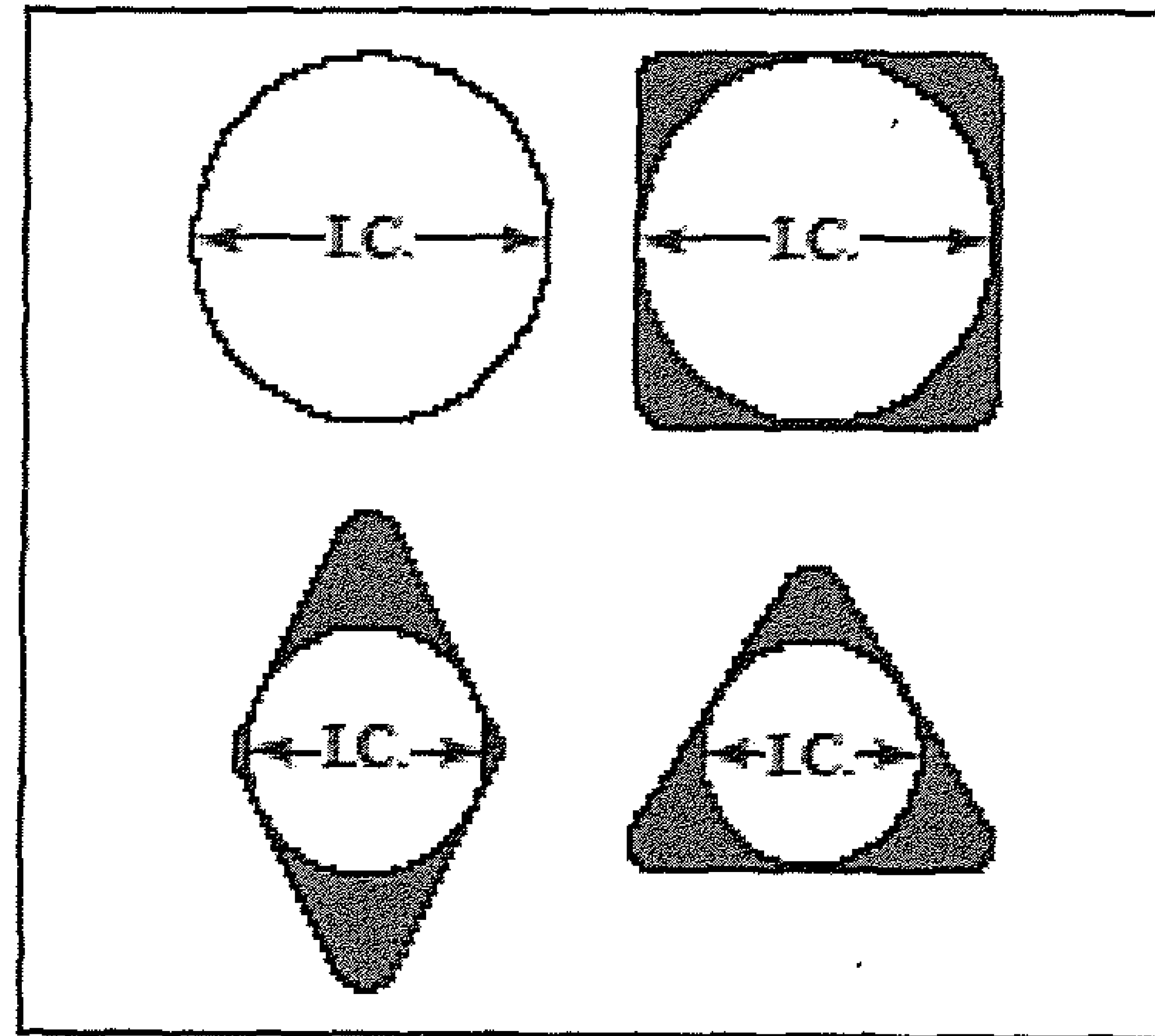
مقطوعات الإنهاء السطحي الخفيف المنجزة مع مراتب إنهاء كاربيدية يجب أن تمتلك مقادير صغيرة من الشحذ منجزة على حافة القطع. وعكس هذه الحالة، فأن المراتب الخشنة يجب أن تكون مشحوذة بشدة. الشكل رقم (2-31) يوضح عُدة شحذ لُقم كاربيدية .



الشكل رقم (2-31): عُدة شحذ لقم كاربيدية

2.2.6.2 حجم اللُقمة (Insert Size) .

يتم حساب حجم اللُقمة بواسطة دائرتها المحيطية *(Inscribed Circle- IC)*، كل لقمة تمتلك *(I.C)* وبغض النظر عن شكلها وكما موضح في الشكل رقم (2-23). عادة يتم الإشارة إلى *(I.C)* بشكل كسور في الولايات المتحدة وتبدأ من ("1/8) ومضاعفاتها، وسمك اللُقمة يشار إليه بواسطة سمكها الحقيقي وتبدأ من ("1/16) ومضاعفاتها، ويشار إلى نصف قطر المقدمة بمضاعفات ("1/64). وعادة يكون سمك اللقمة هو مقياس *(I.C)* الدقيق . في بعض الأوقات يمكن إختيار السمك، وفي هذه الحالات، فأن هذا السمك والذي يكون مناسب لمقدار قوة القطع والتي سوف تكون مطبقة هو الإختيار الأمثل. إذا تم إستخدام لُقمة نحيفة، فأنه يجب إستخدام أداة ضبط أسمك للحفاظ على حافة القطع عند خط مركز القطعة المشغلة .



الشكل رقم (2-32): حساب حجم اللقمة بواسطة الدائرة المحيطية (I.C)

3.6.2 نظام تعريف اللُقمة المقسمة (Indexable Insert Identification System) .

إن نظام الترقيم القياسي *(Stander Marking System)* والمقترح من قبل جمعية منتجي الكاربيد المسمنت والذي صادق عليه معهد المقاييس الوطني الأمريكي *(ANSI)* تم إعتماده من قبل مصنعي الكاربيد المسمنت. إن نظام

التعريف والترقيم الجديد أصبح ضرورياً نتيجة لإضافة مدى واسع لأنواع وأحجام اللُقم والتي تضم تنوعاً واسعاً للتفاصيل. وتحت هذا النظام الجديد فأن ما يُحتاج إليه لوصف اللُقمة هو رقم العُدة، مع صنف المصنع للكاربيد (إنظر الشكل رقم (2-33)) . إن المتواليات الثمانية لترقيم اللُقم المقسمة هي :

1- الشكل (Shape). 5 - نقطة القطع (Cutting Point).

2- السمك (Thickness). 6- الصنف (Class).

3- الحجم (Size). 7- النوع (Type).

4- زاوية الخلوص (Clearance Angle) . 8- شروط أخرى .

4.6.2 إقتصاد العُدة (Insert Economics) .

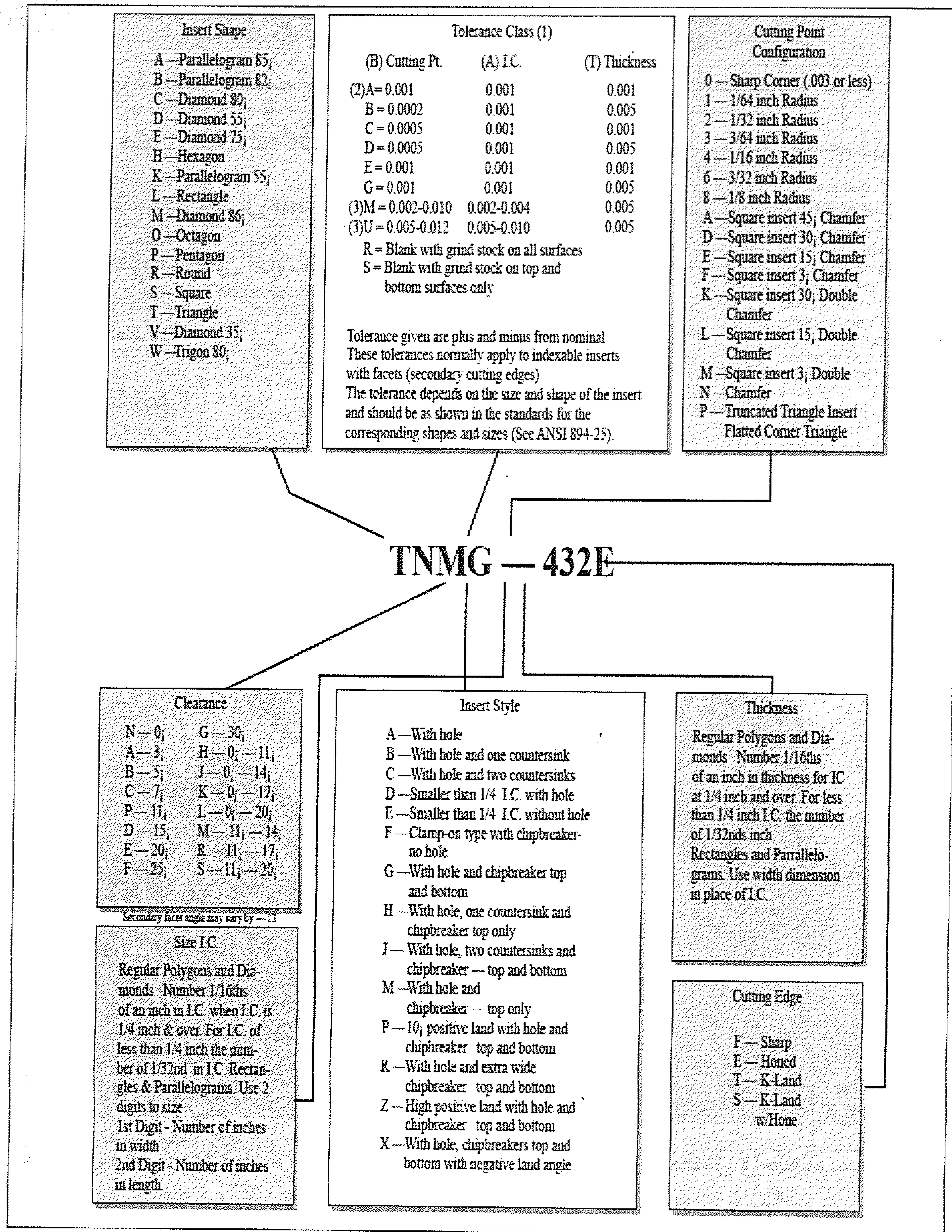
إن كلفة الكاربيد وبقية مواد العُدد الأُخرى بالإضافة إلى كلفة تحضير هذه المواد إلى عُدد قطع هي نسبياً عالية وبإرتفاع مستمر لذلك فأنه من الأهمية إختيار اللُقم بعناية. هنالك بعض الأشياء التي يجب أخذها بنظر الإعتبار عند إجراء عملية إختيار العُدة وهي:

1- إختيار الشكل الذي يوفر أكثر حافات قطع. مثال على ذلك إن اللُقمة السالبة تمتلك حافات قطع أكثر بمرتين من اللُقمة الموجبة، وتمتلك اللُقمة المربعة حافات قطع أكبر بحوالي (25٪) من اللُقمة المثلثة .

2- إختيار ($I.C$) مناسب لمقدار المادة المراد إزالتها.

3- إختيار تفاوت لُقمة مناسب للعمل المراد إنجازه. في معظم الحالات صنف عملي ($Utility$) غير مجلخ سوف يقوم بالعمل. التفاوت الدقيق جداً أو النهائي يعني كلفة أعلى. يحتاج إلى تفاوت العُدة المشدودة فقط عندما تكون إمكانية تقسيم العُدة حرجة .

4- إختيار لُقمة مفردة الجوانب، عندما تجعلها ظروف التشغيل أكثر كفاءة وإقتصادية .

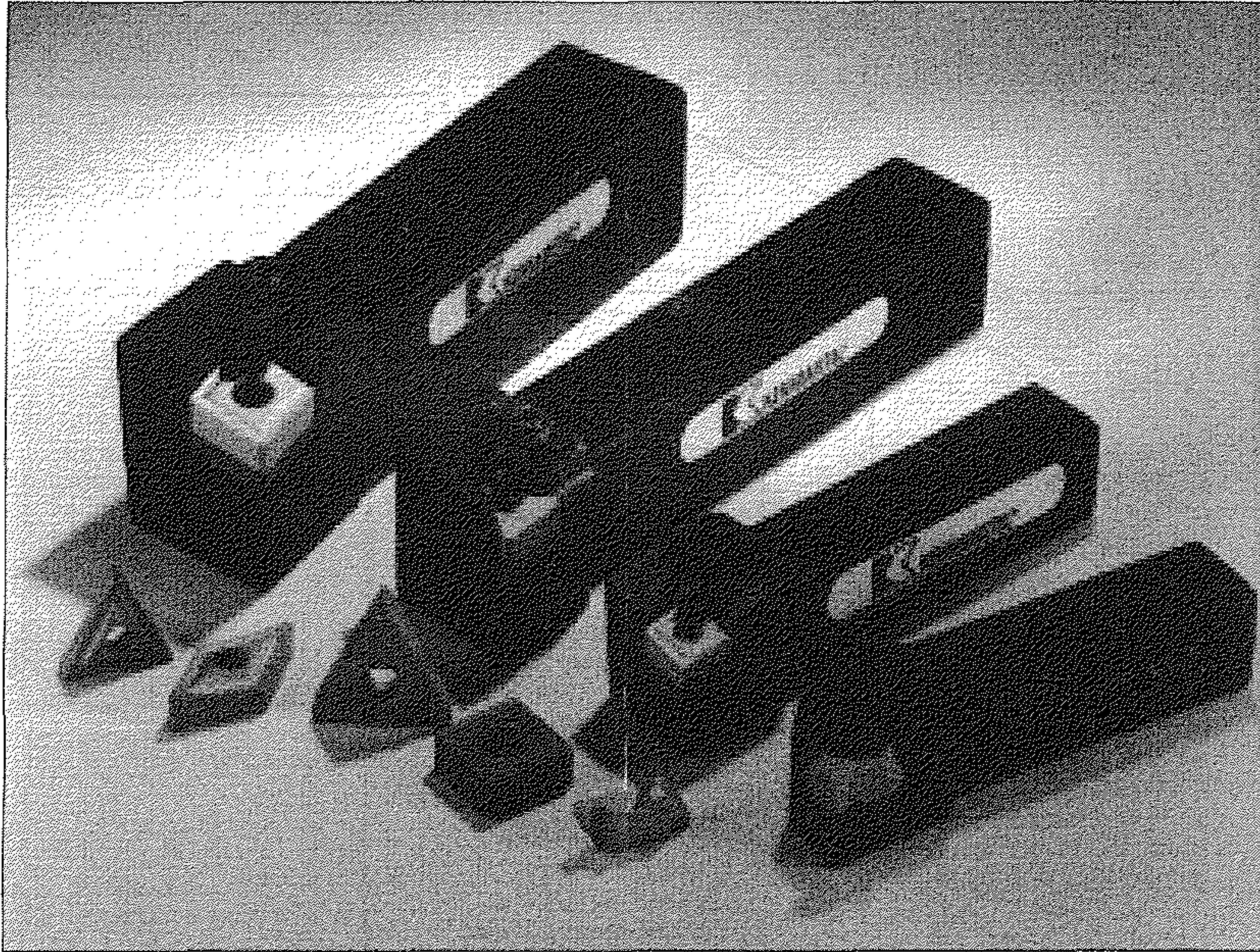


الشكل رقم (2-33): نظام التعريف القياسي للُقم المقسمة

5.6.2 ماسكات العُدة الميكانيكية (Mechanical Tool Holders) .

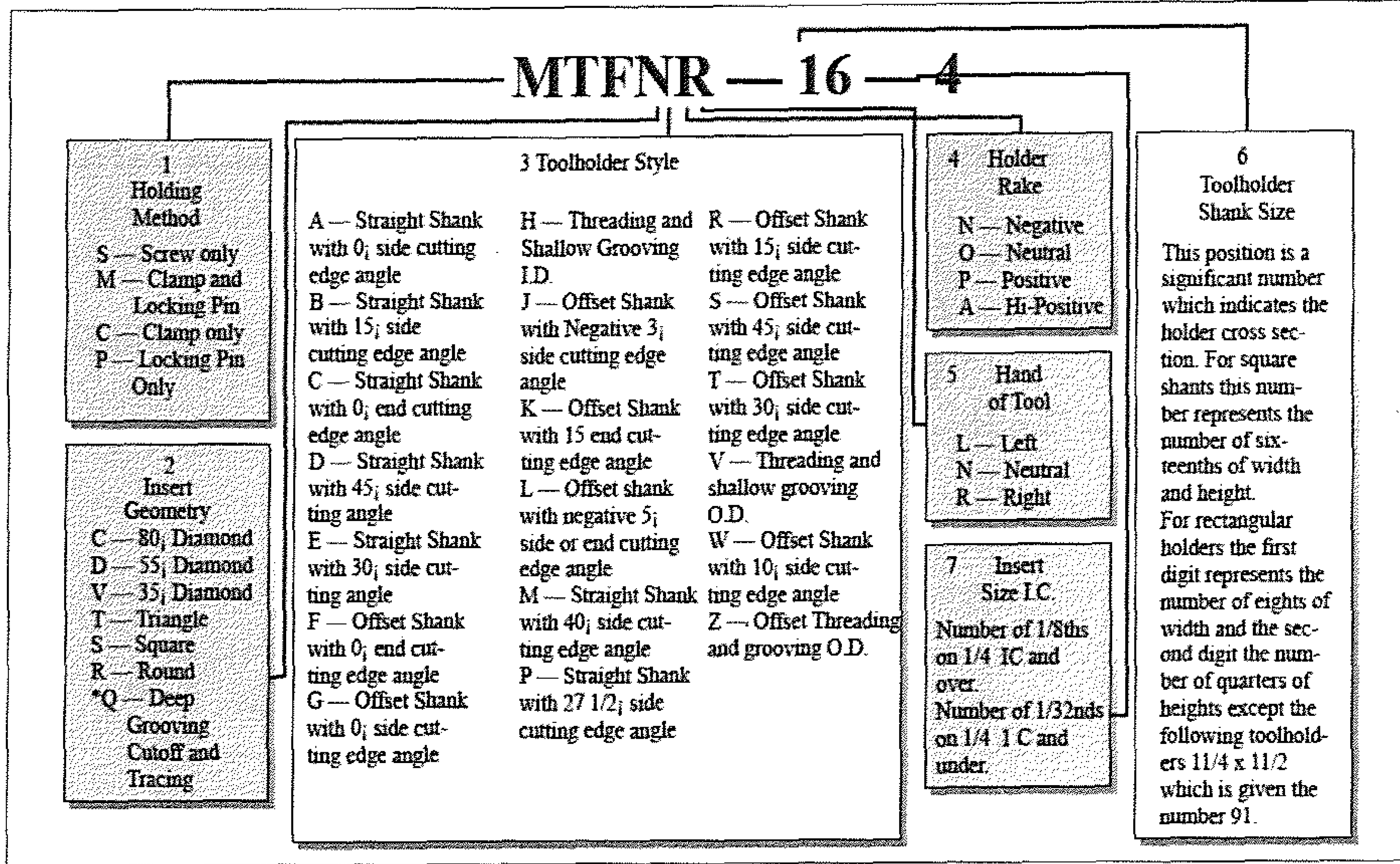
إن ثورة اللُقم المقسمة أنتجت مدى واسع ومتنوع من ماسـكات العُدة المتوفرة اليوم . الشـكل رقم (2-34) يوضح عدد من ماسـكات العُدة مع اللُقم. إن إختيار الماسـك المناسـب لكـل عمليـة تشـغيل هـو عمـل صـعب. هنالـك تصـاميم وعناصـر تركيبية شائعة لكل الماسـكات وهي :

1. الساق (Shank).
2. القاعدة (Seat).
3. مفتاح التثبيت أو القفل (Clamp or Locking Device).



الشكل رقم (2-34): أربعة أنواع من ماسكات العُدد بأشكال وأحجام مختلفة

الشكل رقم (2-35) يوضح ماسكات خراطة قياسية .



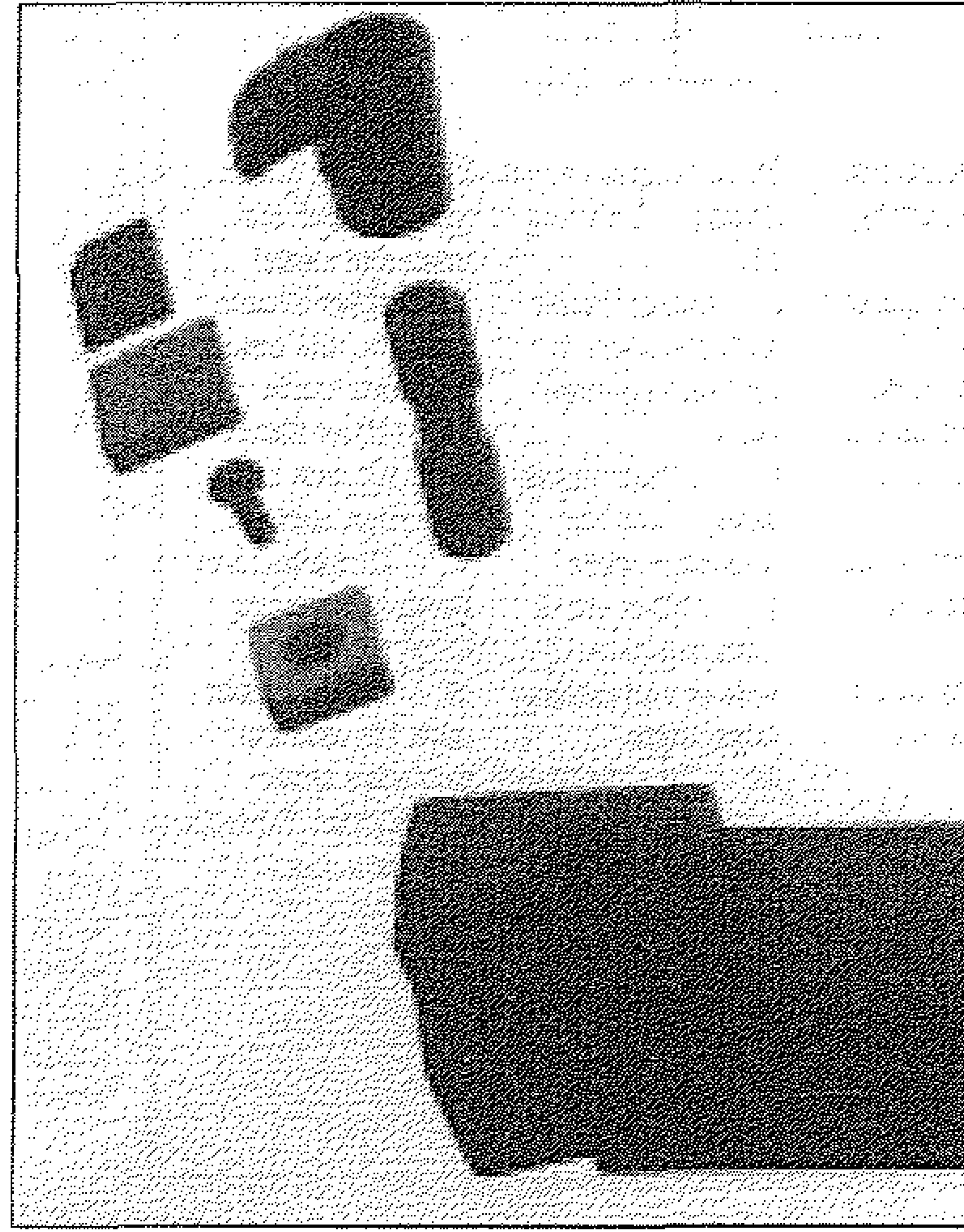
الشكل رقم (2-35): نظام التعريف القياسي لماسكات العُدد

1. الساق (Shank).

وهو الجزء الأساسي لماسك العُدة والغرض منه هو مسك العُدة وتقديم حافة القطع للقطعة المشغلة. يحتوي الساق على فجوات نافذة، أخاديد وقاطعات، ويجب أن يزود بمسند ثابت لحافة القطع الكاربيدية. بشكل عام يصنع الساق من الفولاذ عالي الكاربون أو واطئ السبائك، ويعامل حرارياً لإعطائه الخواص الفيزيائية والتي سوف تقاوم ضرر حز اللولب، بعض التصاميم والأحجام والتي لا تعمل تستخدم لقاعدة الكاربيد تصنع من الفولاذ عالي السبائك لمقاومة التشوه تحت العُدة .

مساحة التشغيل للقاعدة واللُقمة هي أحد أكثر المساحات الحرجة ويجب أن تكون مسطحة لتزود بمسند لائق لقاعدة الكاربيد واللقمة. الإجراء العام لذلك هو تخفيف الزاوية الداخلية لخلوص القاعدة واللُقمة. نقاط تقاطع الجوانب الأرضية للحافظة (*Pocket*) عادة تمتلك نصف قطر صغير، لأن الزوايا الحادة ربما تكون

مصدراً للتشققات أثناء المعاملة الحرارية. الشكل رقم (2-36) يبين ساق العُدة مع تركيباته الأساسية.



الشكل رقم (2-36): ساق العُدة مع تراكيبه الأساسية

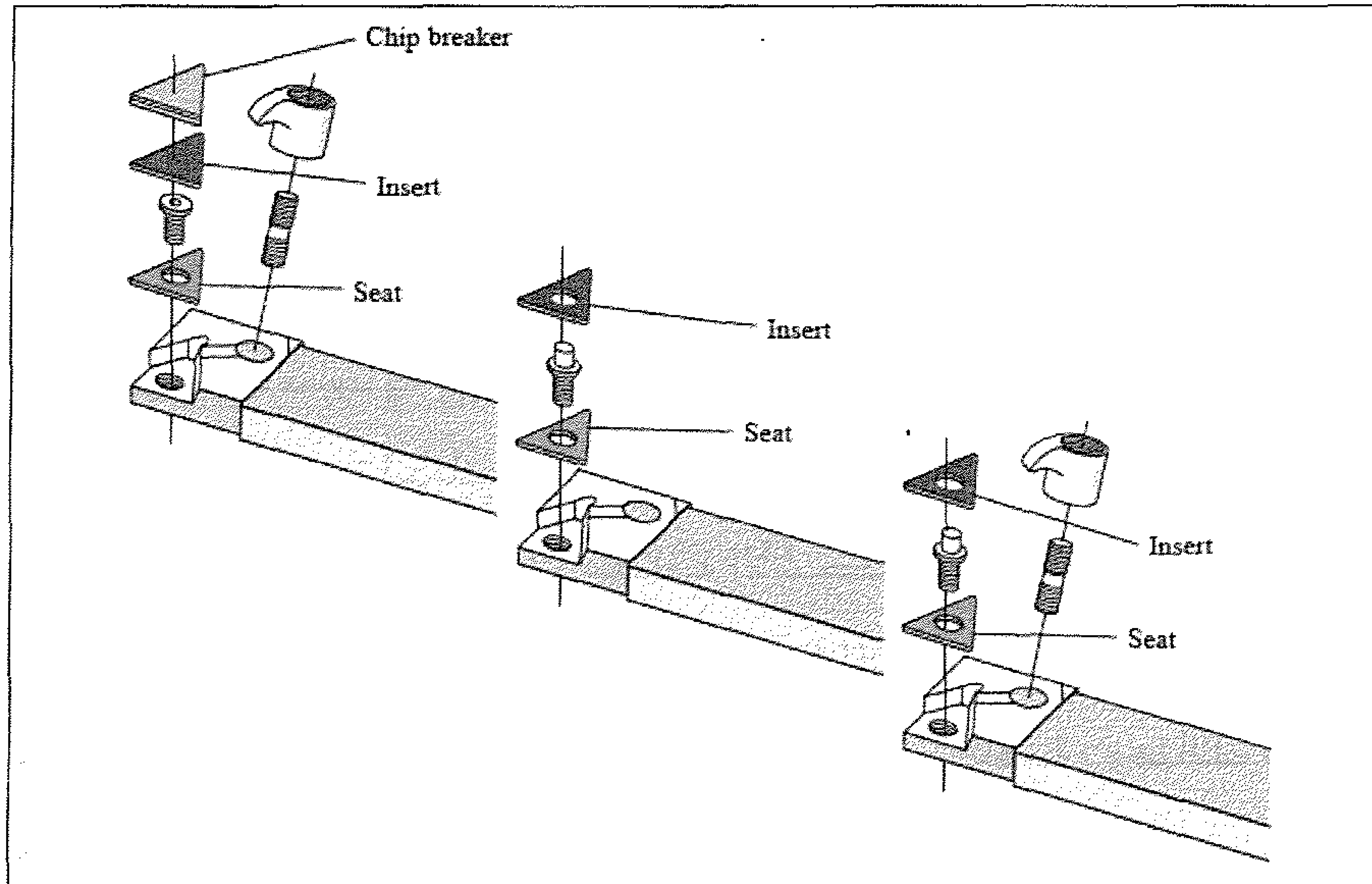
2. القاعدة (The Seat).

معظم ماسكات العُدد للقم المقسمة تستعمل قاعدة أو مساحة كاربيدية كمسند للُقمة. كاربيدات التنكستن المسمنتة تمتلك مقاومة إنضغاط عالية، صلدة، ويمكن أن تجلخ لسطح مسطح أملس . بينما إستخدام الفولاذ ما يزال في بعض التصاميم هو المفضل الأقوى للقواعد الكاربيدية السائدة .

القواعد الموضحة في الشكل رقم (2-37) هي نموذجية وسوف تساعد في توضيح التصميم الأساسي.

يشطب السطح الخارجي عند وجه واحد لتصفية أي نصف قطر في منطقة حافظة ساق الفولاذ. إذا تم تثبيت القاعدة أو الوسادة بواسطة لولب، فأن الثقب سوف يكون غاطس بعمق معين بحيث يكون رأس اللولب أسفل السطح. إذا كان رأس اللولب بارز فوق سطح القاعدة واللقمة كانت مثبتة أسفله فأن الأخيرة تتكسر بالنتيجة النهائية.

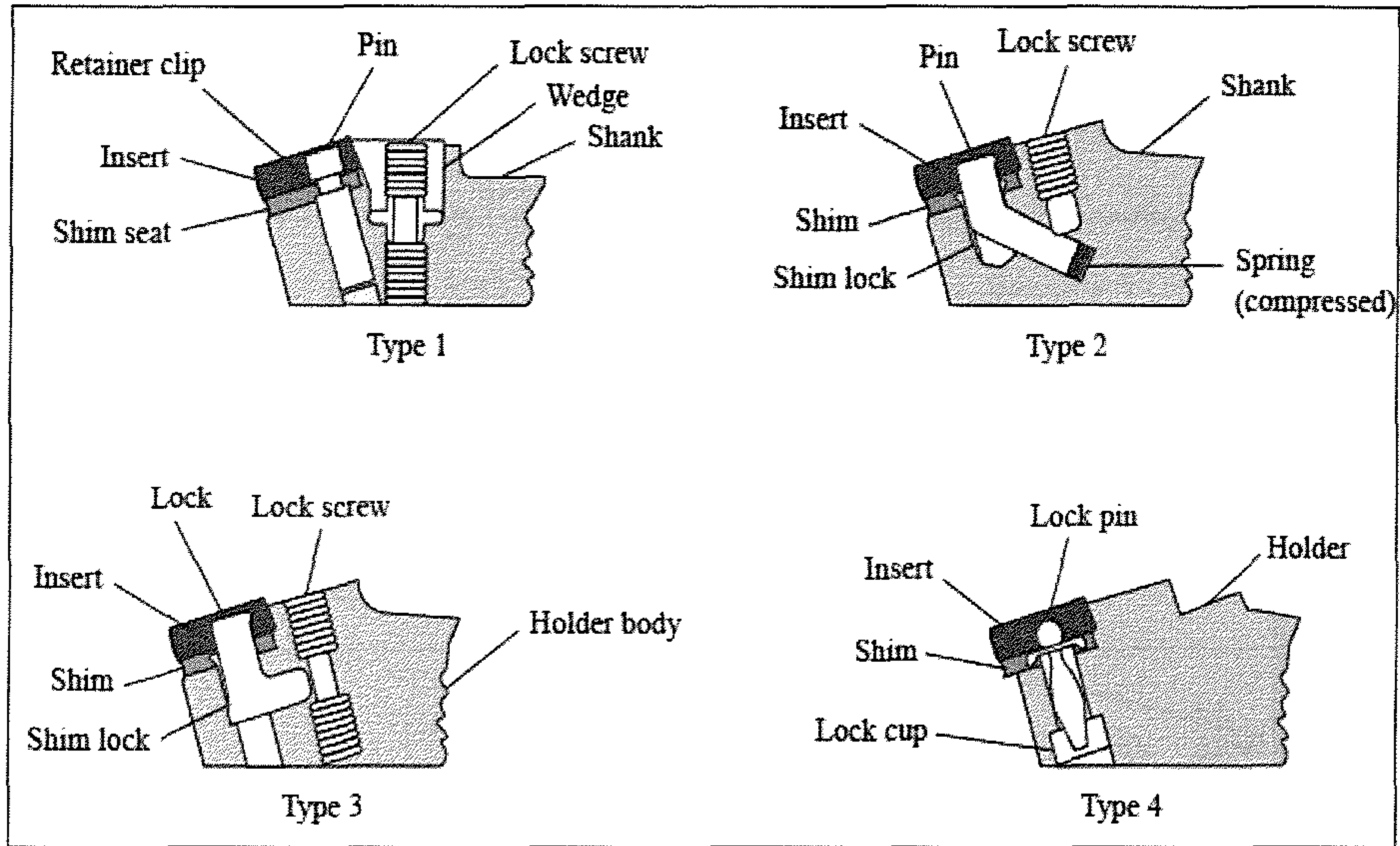
تربط القاعدة للساق فقط لأجل الملائمة ولمنع خسارتها عندما تُزال اللُقم وتستبدل أو إذا تم إستخدام الماسك عمودياً كما في المخرطة البرجية العمودية، أو رأس على عقب كما في موقع العُدة الخلفي للمخرطة البرجية. تسطيح القاعدة هو أحد أكثر المتطلبات الحرجة لماسكات العُدد، حيث دلت الإختبارات التطبيقية بأنه إذا كان التسطيح لأقل من (0.001") سوف ينتج كسر للُقمة. بغض النظر عن تصميم ماسك العُدة المختار، الحافظة وتسطيح القاعدة مواصفات يجب إختيارها بعناية ويجب إختيار المواصفات الأعلى.



الشكل رقم (2-37): رسم تخطيطي لمواقع متنوعة في تثبيت اللُقمة

3. **مفتاح التثبيت أو القفل** (Clamp or Locking Device).

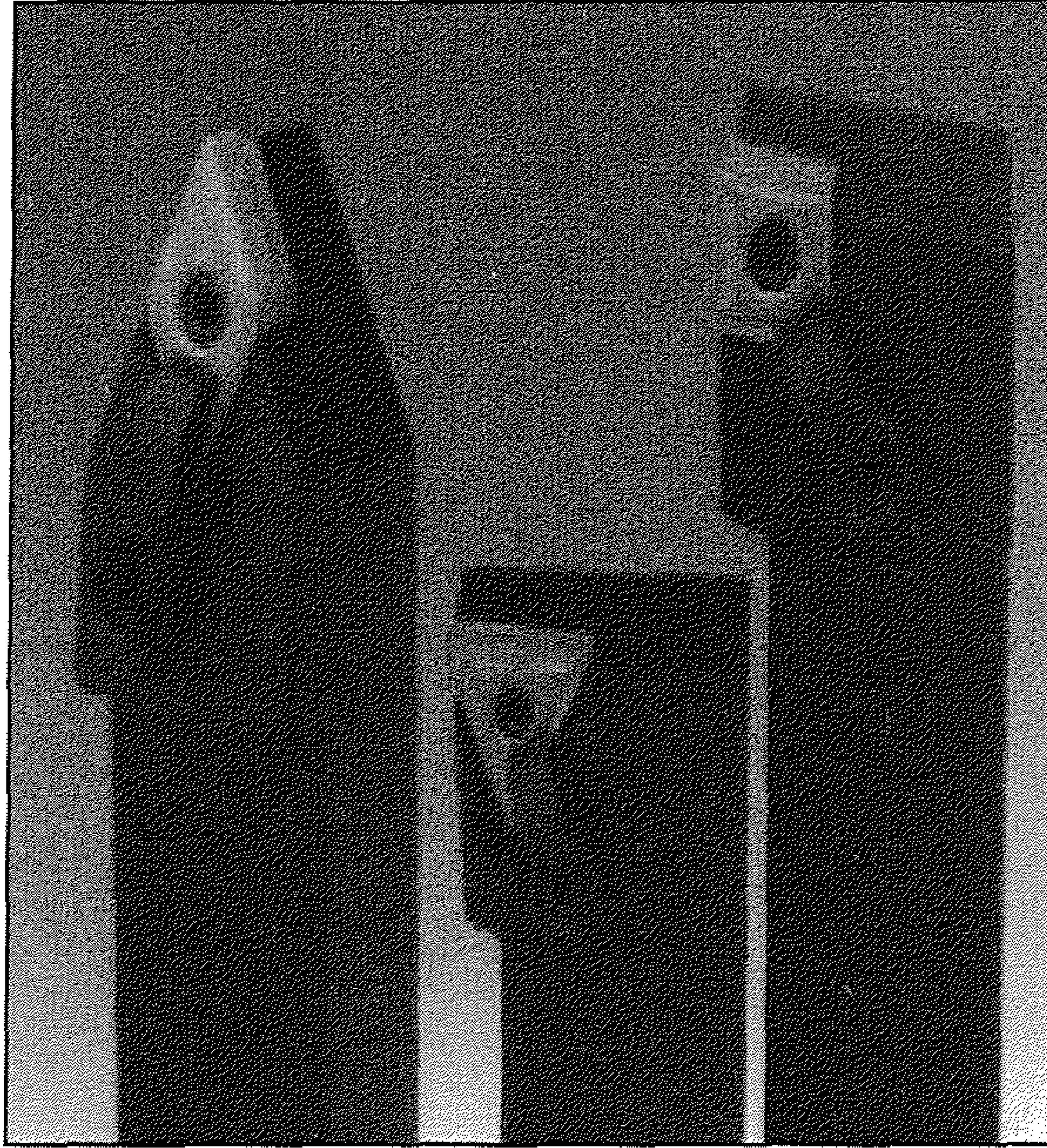
العديد من أنظمة التثبيت والقفل طُورت لتثبيت اللُقمة في ماسك العُدة ولم يكن هنالك ربما طريقة واحدة مفضلة أو تصميم معين لأن متطلبات تطبيق ما متغيرة بشكل كبير. هنالك عدد من الصفات والعناصر التركيبية التي يجب الإنتباه لها والتي تؤثر في إختيار ماسك العُدة وكما مبين في الشكل رقم (2-38).



الشكل رقم (2-38):أربعة أنواع مختلفة لقفل أو مفتاح التثبيت (Pin-Type)

الوظيفة الأساسية لآلية التثبيت هي لمسك اللُقمة بأحكام في موقعها وتستخدم طُرق عديدة لذلك. في عمليات الخراطة والإنهاء العاديين، فأن اللقمة تمسك في معظم ماسكات العُدة مختلفة الأشكال في الحافظة بواسطة ضغوط القطع، والحمل على المثبت هو طفيف جداً ماعدا المتسبب بواسطة الرايش . عمليات الإقتفاء والتسنين تغير إتجاه ومقدار الحمل المطبق على اللُقمة، وهنالك ميل أكبر للإلتواء أو سحب اللُقمة خارج الحافظة .

إن قدرة ميكانيكية التثبيت لإنجاز مقبول تحت هكذا ظروف يجب أن تُقيم بعناية. إن إستخدام ميكانيكية القلم أو الرافع *(Pin or lever Mechanism)* تم دمجها في بعض التصاميم لإعطاء فعل تثبيت موجب أكثر مقابل اللُقمة. إن ملائمة تصميم المثبت لقواعد مثبت الماكنة ولهيئة القطعة المنشغلة يجب أن تؤخذ بنظر الإعتبار. عدد من ماسكات العُدد موضحة في الشكل رقم (2-39) حيث اللُقم المقسمة تثبت بواسطة كل من الأقلام والأقفال.

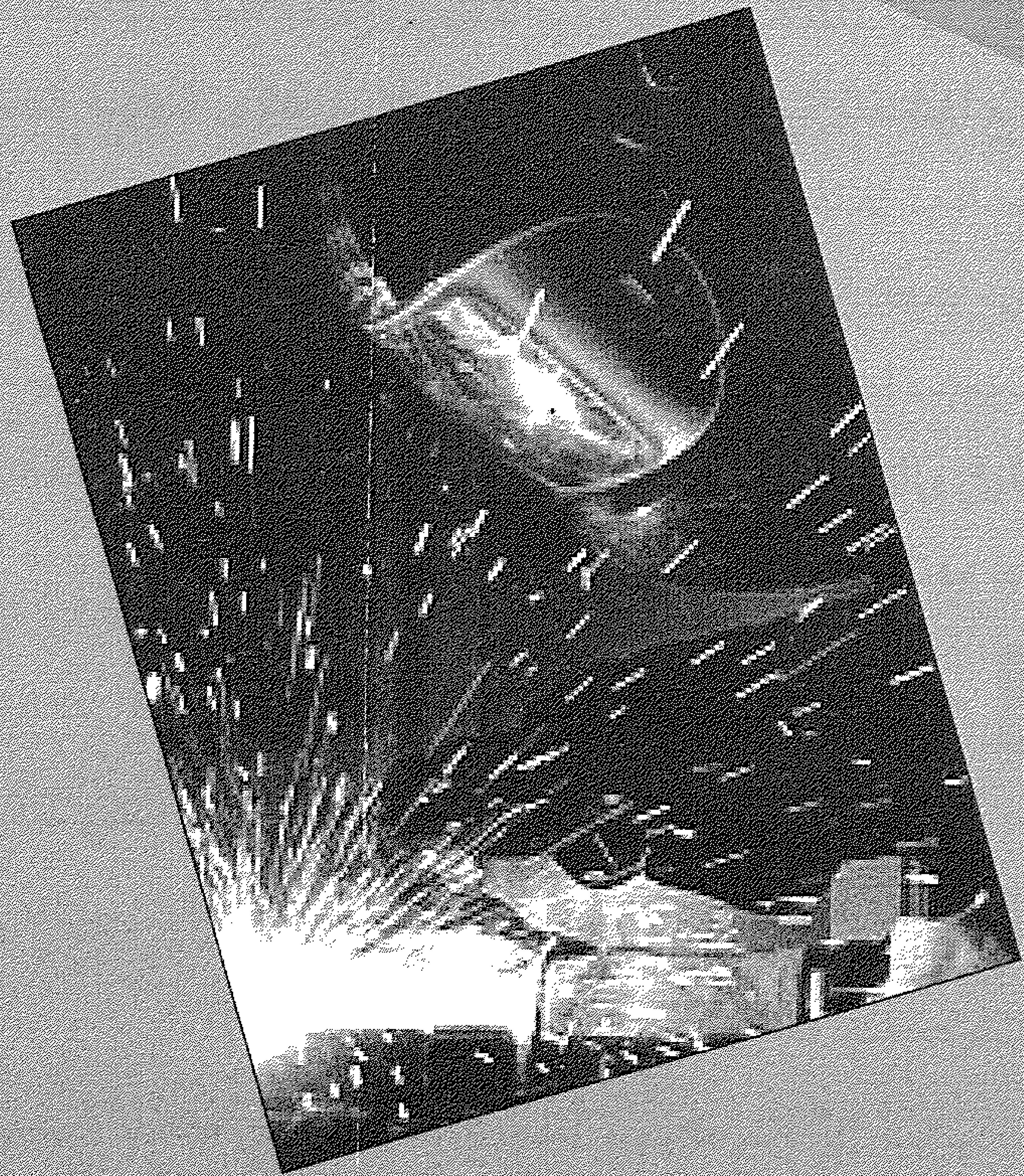


الشكل رقم (2-39): ثلاث أنواع من ماسكات العُدد حيث تثبت اللقمة بواسطة كل من الأقلام والأقفال

الفصل الثالث

قابلية تشغيل المعادن

Machinability of Metals



3

الفصل الثالث

قابلية تشغيل المعادن

Machinability of Metals

1.3 المقدمة (Introduction) .

تمتلك حالة المادة المشغلة وخواصها الفيزيائية تأثيراً مباشراً على قابلية التشغيل لهذه المادة . أما ظروف التشغيل ومادة العُدة وشكلها الهندسي ومتطلبات القطع المشغلة تؤثر بشكل غير مباشر على قابلية التشغيل وغالباً يمكن إستخدامها للتغلب على الظروف الصعبة التي توجِدها المادة المشغلة . ومن ناحية أخرى، يمكن أن تخلق هذه الظروف حالات تزيد صعوبة التشغيل إذا تم تجاهلها لذلك يجب أن تتوفر رؤية كاملة وفهم كامل لكل العوامل المؤثرة على قابلية التشغيل والتشغيل لكي تساعد في إختيار تصاميم المادة والقطعة المشغلة من أجل أدراك مؤتلفات التشغيل المثالية الحرجة لأقصى إنتاجية .

2.3 حالة المادة المُشغلة (Condition of Work Material) .

هنالك عدة عوامل تحدد حالة المادة المُشغلة والتي تؤثر على قابلية التشغيل وهذه العوامل هي:

1. التركيب المجهري (Microstructure).

يشير إلى التركيب البلوري أو الحبيبي كما مبين خلال إختبار الصقل وتأثير الحوامض على السطوح تحت المجهر. إن المعادن التي تتشابه من حيث التركيب المجهري تتشابه في خواص التشغيل التي تمتلكها. ولكن هنالك إحتمالية إن تكون هنالك إختلافات في التركيب المجهري لنفس القطعة المشغلة والتي سوف تؤثر على قابلية التشغيل .

2. الحجم الحبيبي (Grain Size).

حجم المعدن الحبيبي وتركيبه تعمل كمؤشرات عامة لقابلية تشغيلية. المعدن الذي يمتلك حبيبات غير مشوهة يتم قطعها بسهولة إضافة إلى سهولة أجراء الإنهاء السطحي لها، وهذه الحالة متوفرة في المعدن المطيلي ولكنه كذلك صمغي (*gummy*). تُظهر المعادن ذات الحجم الحبيبي المتوسط قابلية تشغيل في القطع والإنهاء. ترتبط صلادة المعدن بحجمه الحبيبي وهي عموماً تستخدم كمؤشر لقابلية التشغيل.

3. المعاملة الحرارية (Heat Treatment).

لإعطاء المعادن خواصاً مرغوباً بها فأنها تُعرض إلى سلسلة من عمليات التسخين والتبريد في الحالة الصلبة، حيث تعامل المادة حرارياً لإختزال الهشاشة، إزالة الإجهاد، وكذلك للحصول على المطيلية والمتانة، ولزيادة المقاومة والحصول على تركيب مجهري دقيق، ولتغيير الصلادة. أو لإجراء تغييرات أخرى تؤثر على قابلية التشغيل.

4. التركيب الكيميائي (Chemical Composition).

التركيب الكيميائي للمعدن هو العامل الرئيسي في تحديد قابلية تشغليه. إن تأثيرات التركيب مع ذلك ليست دائماً واضحة بسبب إن العناصر التي تكون سبائك تعمل بشكل منفرد أو مجتمع. ويمكن وضع جداول ثابتة للتركيب الكيميائي لأنواع الفولاذ وعلاقتها مع قابلية التشغيل، ولكن بالنسبة للسبائك اللاحديدية تكون هذه المسألة أكثر صعوبة بسبب كثرة عددها وتنوعها الكبير.

5. التصنيع (Fabrication).

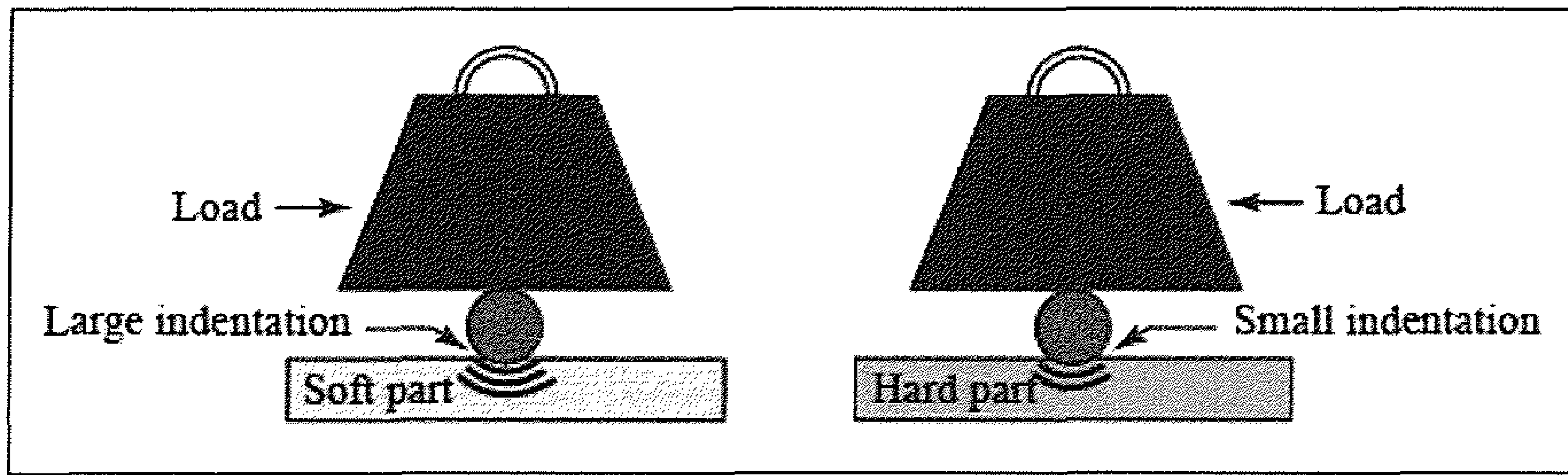
سواء أكان المعدن مدرفل على الساخن أو على البارد، مسحوب على البارد، أو مطروق ففي هذه الحالات كلها سوف يتأثر حجم المعدن الحبيبي

وبالتالي سوف ينعكس ذلك على خواصه مثل المطيلية، المقاومة، الصلادة، التركيب بالإضافة إلى قابلية تشغيله. يشير مصطلح مُطرق أو مُشكل (*wrought*) إلى طَرق أو تشكيل المواد في أشكال يمكن إعادة تصنيعها في أشكال أُخرى بإستخدام تقنيات التصنيع التقليدية.

ويمكن تعريف المعادن المُشكلة على إنها تلك المجموعة من المواد التي تُشكل ميكانيكياً إلى أعمدة، صفائح، ألواح، كتل، كرات، أو أنابيب. تتضمن السباكة صَب المعدن المنصهر داخل قالب للوصول بشكل قريب جداً إلى شكل المركب والذي يحتاج إلى الحد الأدنى من التشغيل أو في بعض الحالات لا يحتاج إلى تشغيل. تصنع هذه القوالب من الرمل، الجبس، المعادن، ومواد متنوعة أخرى.

6. الصلادة (Hardness).

تُعرف الصلادة على إنها ميل المادة لمقاومة التشوه. تقاس الصلادة عادة بإستخدام أما مقياس برنل أو روكويل أو فكرز. تتضمن الطريقة المستخدمة لقياس الصلادة، إدخال جسم مُحزز ثابت الحجم والشكل داخل سطح المادة المختبرة بإستخدام حمل ثابت. مسافة إختراق الجسم المُحزز لسطح المادة سوف تطابق قراءة صلادة برنل أو روكويل الثابتة. إذا كان المحزز يخترق سطح المادة بشكل كبير فسوف يكون رقم صلادة برنل أو روكويل لهذه المادة قليل وبالعكس إذا كان الإختراق قليل فأن رقم الصلادة عالي. الشكل رقم (1-3) يوضح كيفية قياس الصلادة. يتضمن إختبار صلادة برنل إدخال كرة من الفولاذ ذات قطر ثابت بإستخدام حمل بالكيلوغرام في سطح القطعة المختبرة. عدد صلادة برنل (*Brinell Hardness-BHN*) يُحدد بواسطة قسمة الحمل بالكيلو غرام على المساحة بالمتر المربع للأثر الناتج من إختراق الكرة الفولاذية لسطح المادة.



الشكل رقم (3-1): طريقة قياس الصلادة بواسطة عمق أثر المُحزز(الكرة) في المادة

هذا الإقتراب المعياري هو طريقة ثابتة لعمل إختبارات مقارنة بين قِطع مشغلة متنوعة المواد (مواد سبائكية) أو مادة مفردة والتي تُعرض لعمليات إصلاد مختلفة .إختبار صلادة روكويل (*Rockwell Hardness*) يمكن أن ينجز بواسطة أحجام متنوعة للجسم المُحزز والأحمال المتنوعة. توجد عِدة مقاييس لطريقة روكويل أو إختبار الصلادة، المقاييس الثلاثة الأكثر شيوعاً مدرجة أدناه في الجدول رقم (3-1) لكل تطبيق للإختبار.

الجدول رقم (3-1): مقاييس صلادة روكويل

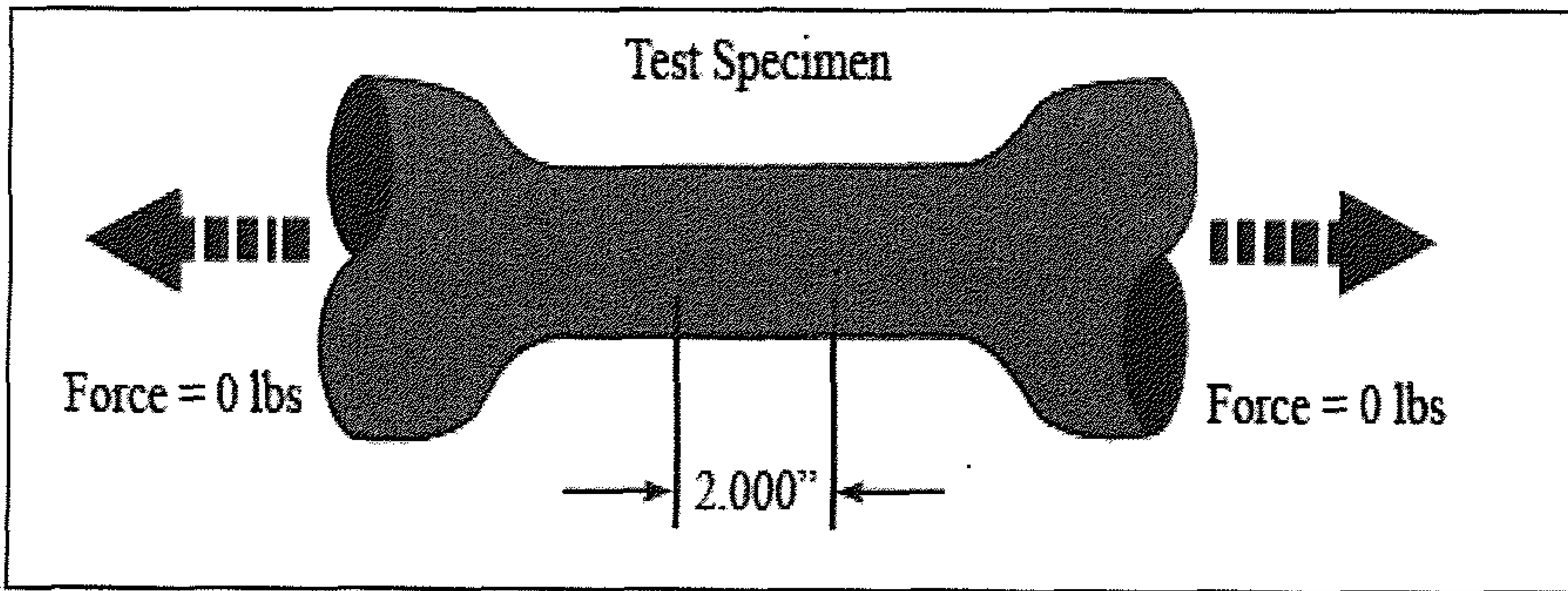
مقياس روكويل	المادة
A	لكاربيد التنكستن والمواد عالية الصلادة الأخرى والألواح النحيفة المصلدة
B	للفولاذ واطئ ومتوسط الكاربون متوسط الصلادة في الحالة اللدنة
C	للمواد أكبر من صلادة روكويل (*B*) 100

المادة واطئة الصلادة تحسن الإنتاجية. بما إن سرعة القطع يعتمد إختيارها غالباً على صلادة المادة (الصلادة واطئة، سرعة القطع عالية)، لذلك يتأثر عُمر العُدة عكسياً بواسطة زيادة صلادة القطعة المُشغلة، بسبب إن أحمال القطع ودرجات الحرارة يرتفعان لسرعة ثابتة مع عامل الصلادة ، لهذا السبب يختزل عُمر العُدة. في عملية الثقب والخراطة، تعتبر درجة حرارة القطع المضافة مُحدد

لعُمـر العُـدة، حيـث إنهـا تنـتج حـرارة زائـدة مسـببة تعجيـل بلـى الحافـة . أمـا في التفريـز، فـأن زيـادة صـلادة المـادة ينـتج أحمـال صـدمة عاليـة عنـد دخـول اللُقـم في عملية القطع والتي غالباً ما تسبب الكسر قبل أوانه لحافة القطع .

7. مقاومة الخضوع (Yield Strength).

يستخدم إختبار الشد كوسائل لمقارنة حالات مادة المعدن. هـذه الإختبـارات يمكـن أن تعـين مقاومـة الخضـوع، مقاومـة الشـد، وحـالات أخـرى كـثيرة للمـادة معتمـدة علـى معاملتهـا الحراريـة . بالإضـافة إلى ذلـك تسـتخدم هـذه الإختبـارات للمقارنـة بـين مـواد القطـع المشـغلة المختلفـة. يتضـمن إختبـار الشـد أخـذ قضـيب اسطواني أو عمود وسحبه من نهايتيه المتقابلتين مع قوة كبيرة متزايدة في ماكنـة هيدروليكية . قبل بدأ الاختبار يتم تثبيت علامتين على القضيب ببعد "2 أو "8 . إذا تم إجـراء الإختبـار فـأن هـذه العلامـات تبـدأ بالإبتعـاد عـن بعضـها وسـوف لـن ترجع إلى بدايتها عند وقف الإختبار، وهـذا يعـني إن التشـوه قـد حـدث في النمـوذج قيد الإختبار. الشكل رقم (3-2) يوضح كيفية قياس مقاومة الخضوع .



الشكل رقم (3-2): كيفية قياس مقاومة الخضوع

تقاس مقاومة الخضوع عند خضوع المادة وقبل حدوث التشوه الدائمي فيها وتقاس بوحدات الباوند مقسوماً علـى الإنـج المربـع (*PSI*) وتحسـب بواسـطة تقسـيم الحمل السابق للتشوه الدائمي على مسـاحة المقطـع العرضـي للنمـوذج المختبر. هـذه الخاصية للمادة يمكن أن يتم تغيرها أثناء المعاملة الحرارية. إن زيادة صلادة المـادة

ينتج زيادة في مقاومة خضوعها ولذلك عندما تصبح المادة أكثر صلادة فأنها تحتاج إلى قوة أكبر لإنتاج التشوه الدائمي فيها. مقاومة الخضوع يجب ألا يخلط بينها وبين مقاومة الكسر، التشقق أو الكسر الحقيقي للمادة داخل القِطع لأن هذه الخواص مختلفة تماماً ولا تناسب الموضوع الحالي . من خلال تعريف مقاومة الخضوع للمادة (القوة المطلوبة على وحدة المساحة لخلق تشوه دائمي) فأن المادة التي تمتلك مقاومة خضوع عالية تحتاج إلى مستوى عالي من القوة لبدء تكوين الرايش في عملية التشغيل.

وهذا يدل على إنه كلما زادت مقاومة الخضوع للمادة يكون من الضروري إنتاج لُقم تشغيل أقوى بالإضافة إلى إنتاج لُقم ذات زوايا قطع موجبة أقل لمقاومة الحمل الإضافي المتولد في منطقة القطع. صلادة المادة ومقاومة الخضوع تزداد بشكل متزامن أثناء المعاملة الحرارية . لذلك فأن المواد التي تمتلك مقاومة خضوع عالية نسبياً سوف تكون صعبة التشغيل وسوف تختزل عُمر العُدة عند مقارنتها مع مواد ذات مقاومة خضوع متوسطة .

8. مقاومة الشد (Tensile Strength).

تزداد مقاومة الشد للمادة الى جانب مقاومة الخضوع عندما تعامل حرارياً الى مستويات صلادة أعلى. مقاومة الشد (أو المقاومة القصوى) تعرف على إنها الحمل الأقصى الناتج أثناء إختيار الشد مقسوماً على مساحة المقطع العرضي للنموذج المختبر. لذلك يعبر عن مقاومة الشد بوحدات (*PSI*) مثل مقاومة الخضوع. هذه القيمة يُشار إليها كحالة أكثر منها خاصية لأن مستوياتها تشبه تماماً مقاومة الخضوع والصلادة، يمكن تغييرها بواسطة المعاملة الحرارية، لذلك إعتماداً على المادة المختارة، فأن مقاومة الشد والخضوع توجد لكل قراءة للصلادة. عندما ترتفع مقاومة الشد للقطعة المشغلة، فمن الضروري تصنيع لُقم ذات حافة قطع أقوى للتشغيل الإنتاجي ولعُمر عُدة أطول.

3.3 الخواص الفيزيائية للمواد المُشغلة (Physical Properties of W.M).

تتضمن الخواص الفيزيائية الصفات الموجودة في مجموعات المادة المفردة مثل معامل المرونة، الموصلية الحرارية، التمدد الحراري، والإصلاد بالتشكيل .

1 . معامل المرونة (Modulus of Elasticity).

يمكن أن يتم حساب معامل المرونة أثناء إختبار الشد بنفس الإسلوب عند الظروف المذكورة سابقاً. يعتبر معامل المرونة خاصية ثابتة للمادة وهو بذلك لا يتأثر في المعاملة الحرارية، مخالفاً لكل من الصلادة، مقاومة الشد أو الخضوع التي تتأثر سلباً وإيجاباً بالمعاملة الحرارية . تمثل هذه الخاصية مؤشر للمدى الذي عنده سوف تخضع المادة عندما تتعرض لقوة خارجية . يقاس معامل المرونة بوحدات (*PSI*) ومرتب هذا العامل بجداول خاصة تضم قيم نموذجية للمعادن، والمواد الهندسية الأخرى . وكمثال على معامل المرونة عمود خشب بأبعاد (2×4×8 *ft*) مستند على نهايتيه مع وزن معلق في وسطه قيمته (200 *Ib*) سوف ينحني بمقدار (17) مرة أكثر من عمود يمتلك نفس الأبعاد ومصنوع من الفولاذ ومعرض لنفس الحمل.

إن الفرق لا يعود الى كون الفولاذ أصلد أو أقوى ولكن بسبب امتلاك الفولاذ لمعامل مرونة أكبر بمقدار (17) مرة من معامل مرونة الخشب. التشغيل الإنتاجي لمادة القطعة المشغلة الممتلكة لمعامل مرونة متوسط نسبياً يحتاج عادة الى لقم قطع ذات جرف موجب أو عالي الايجابية. الأشكال الهندسية ذات القطع الموجب تنتج قطع واطئة، ولذلك تكوين الرايش يتحسن على المادة المرنة بإستخدام هذه الأنواع من العُدد. حافات القطع الموجبة الحادة تميل للقضم (bite) وتشجيع القص للمادة، بينما العُدد السالبة الكليلة (blunt) تمتلك ميلاً لخلق قوى قطع واسعة والتي تعيق تكوين الرايش بواسطة الدفع القاسي أو انحراف أو التواء الجزء عند دخول العُدة للقطع.

2. الموصلية الحرارية (Thermal Conductivity).

تصنف المواد أكثر الأحيان على إنها موصلات (*Conductors*) أو عوازل (*Insulators*) . تميل المواد الموصلة لنقل الحرارة من الجسم الساخن أو البارد بمعدلات عالية ، بينما العوازل تمنع جريان الحرارة . لذلك فالموصلية الحرارية تكون مقياس لمدى كفاءة المادة في نقل الحرارة، حيث المادة التي تمتلك قيمة موصلية حرارية عالية تعتبر موصلة ، بينما المادة التي تمتلك قيمة أقل من الموصلية تعتبر مادة عازلة .

إن المعادن التي تُظهر موصلية حرارية واطئة سوف لن تعمل على تشتيت الحرارة بحرية ولذلك، أثناء تشغيل هكذا مواد فأن عُدة القطع والقطعة المشغلة تسخنان بشدة . هذه الحرارة الزائدة تُعجل البلى عند حافة القطع وتقلل عُمر العُدة. ولمعالجة هذه المشكلة يتم إستخدام سوائل التبريد مباشرة في نطاق القطع (بين حافة القطع والقطعة المشغلة) وبكميات مناسبة ، حيث تعمل هذه السوائل على تحسين عُمر العُدة التي تعمل مع المواد قليلة الموصلية الحرارية .

3. التمدد الحراري (Thermal Expansion).

تميل العديد من المواد وخاصة المعادن لزيادة أبعادها الحجمية عند إرتفاع درجة حرارتها. وتدل هذه الخاصية الفيزيائية على التمدد الحراري . إن النسبة التي تتمدد فيها المعادن متنوعة وتعتمد على نوع أو سبيكة المادة سواء أكانت مادة مفردة أو سبيكة متكونة من عدة مواد. ويمكن حساب معدل تمدد المعادن بإستخدام معامل التمدد الحراري ، حيث كلما زادت قيمة معامل التمدد الحراري سوف يكون تمدد المادة أكبر عندما تعرض لدرجة حرارة مرتفعة أو تتقلص عندما تتعرض لدرجات حرارة منخفضة .

على سبيل المثال، قضيب من الفولاذ بطول ($100^{''}$) تم تسخينه إلى (100 F°) فأنه يتمدد بمقدار ($100.065^{''}$)، وقضيب آخر من الألمنيوم عُرض لنفس الظروف فتمدد بمقدار ($100.125^{''}$) لذلك يكون التغير في طول قضيب الألمنيوم

هو مرتين تقريباً عما هو عليه مع قضيب الفولاذ وهذا مؤشر واضح للفرق الهام في معاملات التمدد الحراري بين المواد. إن المواد التي تمتلك معامل تمدد حراري كبير يكون من الصعوبة السيطرة على أبعادها النهائية المطلوبة حيث إن أي إرتفاع في درجة حرارة القطعة المشغلة المصنعة من هكذا مواد سوف ينتج عنه تغير في الأبعاد. لذلك يجب إستخدام سوائل تبريد مناسبة للحفاظ على إستقرارية الأبعاد ودرجة الحرارة، بالإضافة إلى إستخدام لُقم قطع موجبة لإختزال درجات حرارة التشغيل .

4. الإصلاد بالتشكيل (Work Hardening).

تُظهر العديد من المعادن صفة فيزيائية ينتج عنها زيادة في الصلادة نتيجة للتشكيل البارد. يتضمن التشكيل البارد تغير شكل المعدن بواسطة الإنحناء، الدرفلة، القشط، أو التشكيل، عندما يتم تشكيل المعدن تظهر فيه إجهادات داخلية تعمل على تصليده ومعدل هذا التصليد وكميته يختلف من مادة إلى أُخرى.

كذلك تلعب الحرارة دوراً مهماً في الإصلاد بالتشكيل للمادة. عندما تتعرض المواد التي تُظهر ميلاً للإصلاد بالتشكيل لزيادة في درجة الحرارة فأن هذه الحرارة تعمل كمحفز لإنتاج مستويات صلادة عالية في القطعة المشغلة. إن تشغيل المواد التي تعاني من خاصية الإصلاد بالتشكيل يستلزم تجهيزها بكميات مناسبة من سوائل التبريد. كذلك سرعات القطع يجب أن تكون ثابتة للمادة المشغلة ولا يجب أن تُغير بشكل مفاجئ أو بدون دراسة لتتناسب مع معدل الإنتاج. إذ إن الحرارة الزائدة المتولدة من سرعات القطع العالية يمكن أن تكون مضرة جداً بعملية التشغيل لأنها تزيد من حالة الأصلاد بالتشكيل للقطعة المشغلة. إضافة إلى ذلك يجب أن يتم تجنب سُمك الرايش الواطئ عند تشغيل هكذا مواد لأن هذا النوع من التشغيل غير كفوء عملياً ويولد حرارة نتيجة

للإحتكاك والذي يولد نفس التأثير المذكور سابقاً. اللُقم الموجبة واطئة القوة عند السرعات والتغذيات المتوسطة تكون مؤثرة جداً على هذه المواد.

4.3 تشغيل المعدن (Metal Machining).

إن مصطلح"قابلية التشغيل" هو مقياس نسبي لكيفية تشغيل المادة بسهولة عندما تقارن مع التشغيل الحر للفولاذ واطئ الكاربون *AISI* (160 *Brinell* *B*1112) . حيث قام المعهد الأمريكي للحديد والفولاذ (*AISI*) بإجراء إختبارات الخراطة لهذه المادة عند (180 *SF*) ومقارنة نتائج المادة (*B*1112) مع مواد أخرى عديدة، حيث (*B*1112) يمثل معايرة قيمتها (100٪)، عندئذ تكون المواد التي تمتلك تقدير أقل من هذا المستوى أكثر صعوبة للتشغيل، بينما المواد التي تتجاوز (100٪) سوف تكون أسهل للتشغيل وكما موضح في الجدول رقم (3-2).

الجدول رقم (3-2): معدلات قابلية التشغيل النوعية

المعدن	معدل قابلية التشغيل (٪)
ألمنيوم 6061-T	190
ألمنيوم 7075-T	120
فولاذ 160 BHN B1112	100
فولاذ مقاوم للصدأ 200 BHN 416	90
فولاذ 160 BHN 1120	80

1.4.3 حديد الزهر (Cast Iron).

تدعى المواد التي تحتوي على عنصر الحديد (*Fe*) بالمواد الحديدية، وتظم هذه المواد حديد الزهر، الحديد الغفل (*Pig Iron*)، والفولاذ بأنواعه والحديد الطروق (*Wrought Iron*). إن الإستخدام الواسع للقطع المشغلة المصنعة من حديد الزهر والفولاذ يمكن أن يعزى إلى أن الحديد هو واحد من أكثر العناصر وفرة في الطبيعة وكذلك سهولة تشغيله . عندما يتم خلط خام الحديد مع الكاربون

ويصبان سوية ينتج عن ذلك ظهور مواد متنوعة بخواص فيزيائية وميكانيكية جديدة، إن محتوى الكاربون يحدد نوع المادة التي تتكون أما فولاذ بمختلف أنواعه أو حديد الزهر، كذلك يحدد الخواص الميكانيكية للمادة الناتجة. ويمكن أن يتم تعديل الخواص الفيزيائية لحديد الزهر والفولاذ بواسطة تغير كمية الخليط لنظام الحديد – كاربون في هذه المواد إضافة إلى طريقة تصنيعها.

يتكون الحديد الغُفل بعد خلط خام الحديد مع الكاربون في سلسلة من الأفران. هذه المادة يمكن أن تُغير إلى مادة أُخرى مثل حديد الزهر، الفولاذ، أو الحديد الطروق إعتماداً على طريقة التصنيع المختارة. حديد الزهر هو خليط الحديد- الكاربون الذي يستخدم لمسبوكات الصب الرملي. يمتلك حديد الزهر خواص إنسياب أو جريان ممتازة لذلك عندما يتم تسخينه لدرجات حرارية عالية يصبح مادة مثالية لتصنيع أشكال السباكة المعقدة والقوالب المعقدة. يستخدم حديد الزهر عادة في مجاميع المحرك ذاتية الحركة، رؤوس الإسطوانة، أجسام الصمام، المتعددات، عدة أحواض الزيت الثقيلة، وقواعد الماكنة . هنالك أنواع عديدة من حديد الزهر تستخدم في شتى مجالات الصناعة وهي :

1. **حديد الزهر الرمادي** (Gray Cast Iron).

حديد الزهر الرمادي متقلب للغاية ، وقابل للتشغيل بشكل جيد، واطئ المقاومة نسبياً، يستخدم للأنابيب، مجاميع المحرك ذاتية الحركة، وتجهيزات ومعدات الزراعة. هذه المادة يعود لونها الرمادي الداكن إلى الكاربون الزائد والذي يكون بشكل قشور كرافيتية والتي أعطته هذا الإسم. قطع حديد الزهر الرمادي المشغلة تمتلك مستويات صلادة ومقاومة واطئتين. وعلى أية حال، تستخدم زاوية الجرف السالبة المزدوجة أو سالبة (محورية) موجبة (قطرية) لتشغيل هذه المواد بسبب ميلها لإنتاج رايش قصير غير مستمر. عندما ينتج هذا النوع من الرايش أثناء تشغيل القِطع، فأن قوة القطع الكاملة تتركز على

مساحة ضيقة جداً لحافة القطع ولذلك عادة تتشظى عُدد الجرف الموجبة المزدوجة قبل أوانها عند عملها على هذه الأنواع من المواد نتيجة لمقاومتها الواطئة .

2. حديد الزهر الأبيض (White Cast Iron).

ينتج حديد الزهر الأبيض عندما يتحد كل من الكاربون مع الحديد في السباكة لتكوين السمنتايت. هذه المادة صلدة للغاية وتنتج من التبريد السريع للمسبوكة بعد صبها. بما أن الكاربون يتحد بالكامل مع الحديد ليكون السمنتايت لذلك يكون اللون الناتج للمادة عند كسرها هو أبيض فضي، لذلك سُمي حديد الزهر الأبيض . على أية حال، لا يمتلك حديد الزهر الأبيض أيه مطيلية تقريباً ولذلك عندما يتعرض لأي نوع من الإنحناء أو أحمال إلتواء فإنه سوف ينكسر.

في التطبيقات التي تتطلب من المادة أن تكون مقاومتها للحك عالية جداً فأن حديد الزهر الأبيض الصلد الهش يكون مرغوباً به . يصنع من حديد الزهر الأبيض الدرافيل الصفيحية في الطحن أو كسارات الصخور. نتيجة للصلادة العالية جداً لحديد الزهر الأبيض، فأنه صعب التشغيل جداً ، لذلك يتم إستخدام اللُقم المزدوجة السالبة بشكل خاص لهذه المواد ، لأن صلادتها العالية هي (600 *BHN*-450 *BHN*) ، وكما حصل مع حديد الزهر الرمادي، فأن حديد الزهر الأبيض يعرض حافة القطع لأحمال مركزة جداً لذلك يتطلب مقاومة حافة مضافة .

3. حديد الزهر الطروق (Malleable Cast Iron).

يتكون هذا النوع من حديد الزهر من تلدين مسبوكات حديد الزهر الأبيض (تُلين بواسطة التسخين لدرجة حرارة مسيطر عليها لفترة معينة من الزمن)، حيث يتحول السمنتايت الصلد والهش في حديد الزهر الأبيض إلى كاربون مراجع أو كرافيت بشكل عُقد مدورة أو تراكمات مستديرة. المادة الناتجة تكون قوية، مطيلية، متينة، وذات قابلية تشغيل عالية جداً، حيث

يستخدم في مجالات صناعية واسعة. حديد الزهر الطروق سهل التشغيل نسبياً عندما يقارن مع حديد الزهر الأبيض. تستخدم اللُقم السالبة المزدوجة أو السالبة (المحورية) الموجبة (القطرية) لتشغيل حديد الزهر الطروق كما هو الحال في حديد الزهر الرمادي بسبب ميلها لإنتاج رايش قصير وغير مستمر.

4. **حديد الزهر العُقدي** (Nodular Cast Iron).

الحديد العُقدي أو "المطيلي" يستخدم لصناعة مدى واسع من مركبات المحرك ذاتية الحركة والتي تشمل أعمدة الحدبات (*Cam Shafts*)، الأعمدة المرفقية (*Crank Shafts*) ، سدادات المحامل (*Bearing Caps*) ورؤوس الإسطوانة. هذه المواد تستخدم غالباً لمعدات الأجزاء المسبوكة الثقيلة بالإضافة إلى الألواح ثقيلة التشغيل الوجهي والدلائل. يتصف حديد الزهر العُقدي بالقوة، المطيلية، المتانة، ومقاومة الصدمة العالية جداً.

ولو أن مسبوكات الحديد العُقدي هي قابلة للتشغيل بشكل جيد عندما تقارن مع مسبوكات الحديد الرمادي ولنفس الصلادة، إلا إن مسبوكات حديد الزهر العُقدي عالية المقاومة يمكن أن تمتلك معدلات قابلية تشغيل منخفضة نسبياً. الشكل الهندسي للُقمة القطع المختارة لمسبوكات حديد الزهر العُقدي تعتمد على الصنف المراد تشغيله على أية حال، يتم إستخدام زوايا الجرف السالبة المزدوجة أو الموجبة (القطرية) والسالبة (المحورية) لهذا الغرض .

2.4.3 الفولاذ (Steel) .

تشتمل المواد الفولاذية على الخصوص على الحديد والكاربون وتضاف إليها عناصر سبك أخرى لتحسين الخواص. إن الفرق بين حديد الزهر والفولاذ هو محتوى الكاربون، حيث تتراوح نسبة الكاربون في حديد الزهر (1.7٪-4.5٪) بينما محتوى الكاربون في الفولاذ هو (0.05٪-1.5٪). الإنتاج التجاري لأصناف الفولاذ العديدة ذات الأهمية الكبيرة هو في إتساع مستمر نظراً للطلب على هذه

المواد متعددة الإستعمال. يستخدم الفولاذ اللين جداً في تطبيقات السحب لواقيات السيارات، أغطية وأحواض الزيت، بينما الصنف الممتاز للفولاذ عالي المقاومة يستخدم في عُدد القطع. يتم عادة إختيار الفولاذ لخواصه الكهربائية أو لمقاومته للتآكل. في التطبيقات الأُخرى، يستخدم الفولاذ غير المغناطيسي للساعات اليدوية وكاسحات الألغام.

1. **الفولاذ العادي** (Plain Carbon Steel).

هذا النوع من الفولاذ يحتوي على الحديد والكاربون فقط وبدون عناصر سبك. عند زيادة محتوى الكاربون في الفولاذ فأنه يؤثر على مطيليته حيث تنخفض بشكل كبير. تم وضع نظام ترقيم للفولاذ الكاربوني العادي متكون من أربعة مراتب وحسب ما وضعه معهد (*AISI*) أو جمعية (*SAE*) وكمثال على ذلك الفولاذ نوع (*IOXX*) حيث المرتبتين الأخيرتين تشير إلى محتوى الكاربون في الفولاذ كنسبة مئوية. وكمثال عملي فأن الفولاذ ذو الرمز (1018) يحتوي على (0.18٪) كاربون. تعتمد قابلية تشغيل الفولاذ العادي بشكل أساسي على محتوى الكاربون فيه ومعاملته الحرارية.

في النوع واطئ الكاربون الذي يمتلك مطيلية عالية، تخلق هذه الصفة مشكلة في عمليات الخراطة والثقب من حيث تكسير الرايش، أما عند إرتفاع محتوى الكاربون فوق (0.3٪) فأنه يمكن السيطرة على الرايش. هذه المواد يجب أن يتم تفريزها بلُقمة ذات زاوية جرف موجبة (قطرية) وسالبة (محورية). أما في عمليات الخراطة والثقب فيجب إستخدام قدر الإمكان لُقم ذات هندسيات سالبة أو متعادلة.

الفولاذ العادي كمجموعة هو سهل التشغيل نسبياً عدا بعض المشاكل التي تواجه عملية التشغيل عندما يكون محتوى الكاربون واطئ (تكسير الرايش أو الحافة المتراكمة) أو عندما يعامل حرارياً بشكل قاسي (البلى، تكسر اللُقمة أو عمق حز القطع).

2. الفولاذ السبائكي (Alloy Steel).

يُحضر الفولاذ الكاربوني العادي من خلط الحديد مع الكاربون، بينما الفولاذ السبائكي يتضمن هذين العنصرين مع الكثير من العناصر المضافة الأُخرى. إن الغرض من عناصر السبك هو لتحسين خواص المادة الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية أو لتحسين قابلية تصنيعها القصوى. وتتضمن الخواص التي يفضل تحسينها المتانة، مقاومة الشد، قابلية الإصلاد (السهولة النسبية مع مستوى صلادة عالية الممكن الحصول عليها). إن إستخدام عناصر السبك يمكن أن يعدل الحجم الحُبيبي النهائي للفولاذ المعامل حرارياً والذي ينتج غالباً معدل قابلية تشغيل منخفض للمنتج النهائي .

من أشهر عناصر السبك التي تضاف إلى الفولاذ هي النيكل، الكروم، المنغنيز، الفناديوم، المولبدنوم ومجاميع من هذه المواد مثل كروم- نيكل، كروم - فناديوم، كروم - مولبدنوم، ونيكل - مولبدنوم. وفيما يلي شرح لكل واحد من هذه العناصر والمجاميع وتأثيرها على الخواص الفيزيائية والميكانيكية للفولاذ السبائكي .

1- النيكل (Nickel).

هذا العنصر يعمل على زيادة الصلادة والمقاومة القصوى دون خسارة المطيلية.

2- الكروم (Chromium).

يعمل الكروم على زيادة الصلادة والمقاومة أكثر من النيكل. ولكن هذه الزيادة يقابلها انخفاض في المطيلية.

3- **المنغنيز** (Manganese).

هذا النوع من عناصر السبك يعطي الفولاذ مستوى مقاومة كبيرة عما هو عليه في الفولاذ المضاف إليه النيكل، ويحسن المتانة عندما يقارن مع فولاذ النيكل.

4- **الفناديوم** (Vanadium).

فولاذ الفناديوم هو أقوى وأصلد وأمتن مما هو عليه في فولاذ المنغنيز، ولكنه في نفس الوقت واطئ المطيلية عند مقارنته بفولاذ المنغنيز.

5- **المولبدنوم** (Molybdenum).

يعمل المولبدنوم على زيادة مقاومة الفولاذ السبائكي وصلادته بدون تأثيرها المضاد على المطيلية، ويعتبر هذا الفولاذ متين جداً مع مقاومة صدمة تقارب تلك الموجودة في فولاذ الفناديوم.

6- **كروم - نيكل** (Chromium – Nickel).

عناصر السبك الموجودة في فولاذ كروم – نيكل تنتج مادة مطيلية جداً ومتينة وذات حبيبات ناعمة ومقاومة للبلى. ولكن هذا الفولاذ غير مستقر نسبياً عندما يعامل حرارياً ويميل للإلتواء خصوصاً عند زيادة محتوى الكروم والنيكل.

7- **كروم – فناديوم** (Chromium – Vanadium) .

هذه التوليفة لعناصر السبك تنتج خواص صلادة، مقاومة صدمة ومتانة تتجاوز عما هو موجود في فولاذ كروم – نيكل. يمتلك هذا الفولاذ السبائكي حجم حبيبي ناعم جداً يُحسن مقاومة البلى .

8- **نيكل – مولبدنوم** (Nickel – Molybdenum).

خواص هذه المادة تشابه فولاذ كروم – مولبدنوم ماعدا فرق واحد هو زيادة متانته .

9- كروم – موليبدنوم (Chromium – Molybdenum).

تختلف خواص هذا النوع من الفولاذ بشكل طفيف عما هو عليه في فولاذ الموليبدنوم بسبب وجود عنصر الكروم في هذا الفولاذ. الصلادة النهائية ومقاومة البلى لهذا الفولاذ تتجاوز تلك الموجودة في فولاذ الموليبدنوم .

إن قابلية تشغيل الفولاذ السبائكي متنوعة للغاية، وتعتمد على تركيبه الكيميائي وصلادته. والإختيار الهندسي الصحيح لهذه المواد يعتمد كلياً على صلادة الجزء المراد تصنيعه. الأشكال الهندسية للُقم التفريز أو الخراطة الموجبة المزدوجة هي الإختيار الأمثل لهذه المواد فقط عندما يكون أما القطعة المشغلة، الماكنة أو انعدام التثبيت هي الثباتية الضرورية لإستخدام هندسيات لتوليد أقوى وأعلى قوة .

في عملية التفريز تكون اللُقم الموجبة (القطرية) السالبة (المحورية) هي المفضلة للعمل على الفولاذ السبائكي نتيجة لمقاومتها ومتانتها . أما في عمليات الخراطة فأنه يجب إستخدام الهندسيات السالبة المزدوجة على الفولاذ السبائكي اللين. عُدد زاوية المقدمة يجب أن تستخدم على هذه المواد كلما أمكن ذلك لتقليل الصدمة المشاركة لدخول القاطع في عملية القطع.

3. فولاذ العُدد (Tool Steel).

تستخدم هذه المجموعة من الفولاذ عالي المقاومة غالباً في تصنيع عُدد قطع المعادن، الخشب، والمواد المشغلة الأخرى. إضافة إلى ذلك تستخدم هذه المواد عالية المقاومة كقوالب لكبس المواد نتيجة لصلادتها العالية ومقاومتها للبلى بعد المعاملة الحرارية. إن المعاملة الحرارية التي يتم أجراءها بعناية على العُدة الفولاذية هي المفتاح الذي من خلاله يمكن الحصول على الصلادة، المقاومة، ومقاومة البلى المرغوب بها.

هذه المواد موجودة بوفرة كبيرة وتنوع واسع لأصنافها المتعددة وتراكيبها الكيميائية التي تصمم من أجل إستخدام معين وتطبيق عام. عُدد الفولاذ

مسبوكة بشكل عالي جداً وبذلك تكون متانتها عالية ويمكن أن تعمل حالاً بشكل سابق للمعاملة الحرارية. لُقم القطع ذات الأشكال الهندسية السالبة تعمل على إطالة عُمر العُدة عند تشغيل هذه المواد زائداً على ذلك النظام (الماكنة، الجزء والتثبيت) سوف يكون قادراً على مقاومة قوة العُدة المضافة.

4. الفولاذ المقاوم للصدأ (Stainless Steels).

صُممت هذه المواد لتقاوم الأكسدة وأشكال التآكل الأُخرى، إضافة إلى الحرارة في بعض الحالات. يمتلك الفولاذ المقاوم للصدأ مقاومة تآكل كبيرة غير متوفرة في الفولاذ الكاربوني أو السبائكي المماثل نتيجة للإضافات الأساسية من الكروم كعنصر سبك. يستخدم الفولاذ المقاوم للصدأ بشكل واسع في معاملة الغذاء، الصناعات الكيميائية والبترولية لنقل السوائل الأكالة بين المعالجة ووسائل التخزين .

يمكن تشغيل الفولاذ المقاوم للصدأ على البارد، يُطرق، يُشغل ميكانيكياً، يُلحم، ويبثق. تكون هذه المواد ذات مستويات مقاومة عالية نسبياً مقارنة بالفولاذ الكاربوني والسبائكي . يوجد الفولاذ المقاوم للصدأ في أكثر من (150) تركيب كيميائي مختلف. يصنف الفولاذ المقاوم للصدأ إلى أربعة مجاميع ميتالورجية تتضمن:

1. الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي (Austenitic Stainless).

ويضم (300) سلسلة ويكون صعب التشغيل بشكل عام. يعاني هذا النوع من الفولاذ المقاوم من مشكلة الإصطكاك لذلك يحتاج الى أدوات ماكنة ذات جساءة عالية.

2. الفولاذ المقاوم للصدأ الفريتي (Ferritic Stainless Steel).

ويضم أيضاً (300) سلسلة و يمتلك قابلية تشغيل جيدة.

3. **الفولاذ المقاوم للصدأ المارتنسايتي** (Martensitic Stainless).

وينقسم الى (400) سلسلة، هذا النوع من الفولاذ المقاوم يكون حاك ويميل لتكوين حافة متراكمة ويتطلب مواد عُدد ذات صلادة ساخنة عالية مقاومة للبلى الحُفري.

4. **الفولاذ المصلد بالترسيب** (Precipitation – hardening).

هذا الفولاذ يكون قوي وحاك ويحتاج إلى عُدد ذات صلادة ومقاومة للحك.

3.4.3 المعادن والسبائك اللاحديدية (Nonferrous Metals & Alloys) .

تغطي المعادن والسبائك اللاحديدية مدى واسع للمواد. من أكثر المواد اللاحديدية شيوعاً في الصناعة هي الألمنيوم، النحاس، والمغنيسيوم مروراً بالسبائك ذات المقاومة العالية لدرجات الحرارة العالية مثل التنكستن، التتاليوم، والمولبدنوم . على الرغم من كون هذه المواد أكثر تكلفة من المعادن الحديدية إلا إنها تمتلك تطبيقات مهمة بسبب خواصها العديدة مثل المقاومة للتآكل، الموصلية الحرارية والكهربائية العالية، الكثافة المنخفضة، سهولة التصنيع. وفيما يلي وصف للبعض من هذه المواد.

1- **الألمنيوم** (Aluminum).

يستخدم الألمنيوم بشكل واسع في الصناعة لما يتمتع به من خواص فريدة مثل خفة وزنه (1/3) الكثافة عند مقارنته مع الفولاذ ولكنه يمتلك مقاومة كبيرة مقارنة مع وزنه، لذلك يعتبر الألمنيوم مادة مثالية في صناعة التراكيب الهيكلية في الطائرات العسكرية والتجارية. وبسبب مقاومة الألمنيوم للتآكل جعلته المادة الأكثر شعبية في صناعة عُلب المشروبات والمواد الغذائية، ويدخل في صناعة النوافذ والألواح المستخدمة في المساكن، إضافة لذلك فأن معظم أصناف الألمنيوم تكون سهلة التشغيل وتعطي عُمر أطول للعُدة بإنتاجية واسعة عما هو في

معادن أخرى. الألمنيوم هو معدن لين وقابل للتشغيل وتحديدات السرعات تنظم بواسطة الماكنة والممارسات الآمنة الجيدة.

إن الرايش المتكون من تشغيل الألمنيوم هو من النوع المستمر لذلك يُحدد عامل الأمان لأنها تميل للتجمع على شكل عناقيد كما مر ذكره، لذلك يشغل الألمنيوم عند سرعات عالية والتي يصبح عندها الرايش مسحوق أوكسيدي. لزيادة مقاومة الألمنيوم وصلادته فأنه يلجأ إلى سباكته مع عناصر أخرى مثل السليكون، الحديد، المنغنيز، النيكل ، والكروم. ويشغل الألمنيوم وسبائكه بواسطة لُقم قطع ذات أشكال هندسية موجبة .

2- النحاس (Copper).

النحاس مادة مألوفة في الصناعة حيث يستخدم بشكل واسع بسبب موصليته الكهربائية الفائقة، مقاومته للتآكل وسهولة في التشكيل إضافة إلى ذلك فعندما يسبك مع عناصر أخرى لتكوين سبائك النحاس فأن هذه السبائك تُظهر مجموعات ضخمة من مستويات المقاومة والخواص الميكانيكية الفريدة. ومن أنواع سبائك النحاس ذات الإستخدام التجاري الواسع الإنتشار هي نحاس-نيكل، البراص، البرونز، سبائك نحاس- نيكل، زنك، النحاس الرصاصي وكثير من السبائك الخاصة ويعتبر البراص والبرونز من أكثر سبائك النحاس إستعمالاً .

إن قابلية تشغيل النحاس وسبائكه متنوعة بشكل واسع. النحاس النقي والسبائك عالية النحاس هي متينة للغاية ، حاكة أو أكالة وعرضة للتمزق، لذلك للحد من التمزق أو منعه نهائياً فيجب أن تُشغل هذه المواد مع لُقم ذات هندسيات موجبة. كذلك تستخدم الهندسيات الموجبة مع البرونز وسبائك البرونز نتيجة لمتانتها ومطيليتها، وتستخدم هندسيات زاوية الجرف السالبة المحورية والموجبة القطرية لتشغيل سبائك البراص، لأنها تمتلك مستويات واسعة لقابلية التشغيل وفي حالة السباكة فأن تكوينها للرايش مشابه لحديد الزهر.

3- النيكل (Nickel).

يستخدم النيكل عادة كعنصر سبك لتحسين مقاومة التآكل والحرارة والمقاومة لمواد عديدة. عندما يتم سبك النيكل أو مزجه مع النحاس (*Monels*) ، الكروم (*Inconels & Hastelloys*) أو الكروم والكوبلت (*waspalloys*)، فأنها تعطي مجموعة واسعة من السبائك التي تُظهر مدى واسع من الخواص الفيزيائية. السبائك الأخرى المنتسبة إلى هذه المجموعة من المواد تتضمن (*Incoloys, Udimet, Astroloy, Rene*)، والعديد من سبائك (*Hoynes*) . إن قابلية التشغيل للسبائك ذات أساس من النيكل هي عادة واطئة جداً .

معظم السبائك ذات أساس من النيكل يجب تشغيلها مع لُقم قطع موجبة. لأن هذه المواد تشغل مع الكاربيد عند (120 *SFPM*) أو أقل لذلك تكون زاوية الجرف الموجبة مطلوبة، لتقليل قوى القطع وتوليد الحرارة. في عمليات التشغيل لمعظم المواد، زيادة درجة الحرارة يحسن إنسياب الرايش ويختزل القوة الفيزيائية على حافة القطع.

كذلك يجب مراعاة إختيار زوايا الخلوص مناسبة في هكذا مواد بسبب مطيليتها العالية وتعرضها للإصلاد بالتشكيل. عندما يتم إيقاف العُدة وتركها تحك سطح القطعة المشغلة، فأن هذا السطح سوف يتعرض للإصلاد السطحي، لذلك يجب أخذ الحيطة للتأكد بأن حافة القطع والجزء المشغل غير متماسين والعُدة تُغذى دائماً.

4- التيتانيوم وسبائكه (Titanium & Titanium Alloys).

يعتبر التيتانيوم واحد من أكثر المعادن وفرة في الأرض، لهذا تكون تطبيقاته واسعة ومتنوعة من مادة عُدة القطع والدعامات (*Struts*) وأجزاء هياكل الطائرات النفاثة، كذلك يستخدم التيتانيوم وسبائكه في تطبيقات الفضاء نتيجة لمقاومته العالية لنسبة الوزن والمطيلية. عند تشغيل التيتانيوم وسبائكه

فيجب إختيار لُقمة القطع وسرعة القطع المناسبتين، وتفضل في التشغيل عُدد الجرف الموجبة لتقليل إلتواء الجزء ولإختزال درجات حرارة القطع في نطاق القطع.

إضافة إلى ذلك يُنصح بإستخدام سوائل القطع بشكل قوي للحفاظ على الإستقرارية الحرارية، وبهذا يتم تجنب التأثير السيئ لتراكم الحرارة ودرجة الحرارة المعجل الذي يؤدي إلى خدش أو سحج القطعة المشغلة، أو كسر العُدة (الثقب) وبلى الحافة السريع. معدل نوع قابلية التشغيل للتيتانيوم وسبائكه هو تقريباً (30٪) أو أقل.

5- السبائك المقاومة للإنصهار (Refractory Alloys).

تتضمن هذه السبائك تراكيز عالية من المعادن ذات درجات الإنصهار العالية مثل التنكستن، التنتاليوم، المولبدنوم، الكولمبيوم. تعرف هذه السبائك بخواصها المقاومة للحرارة والتي تسمح لها بالعمل في أوساط حرارية عالية جداً بدون أن يصيبها ضرر دائم. تمتلك هذه السبائك درجات إنصهار عالية للغاية وقابلية حك عالية. معظم هذه السبائك هش للغاية، لذلك تمتلك معدلات قابلية تشغيل واطئة جداً عندما يؤخذ بنظر الإعتبار كذلك مقاومتها الحرارية وخواص الإنصهار العالية جداً.

تشغل هذه المواد بسرعات قطع عالية ومعدلات تغذية واطئة للغاية عند إستخدام عُدد قطع كاربيدية. المولبدنوم المسبوك يمتلك معدلات قابلية تشغيل تقدر بحوالي (30٪) بينما التنكستن النقي يمتلك معدل قابلية تشغيل (5٪) فقط. قابلية تشغيل التنتاليوم الكولمبيوم هي عند مستوى متوسط بشكل أكثر لذلك يقع بين هذين المديين. تشغل هذه المواد عند سرعات متوسطة إلى واطئة عند عمق قطع خفيف بإستخدام عُدد جرف موجبة .

5.3 الحُكم على قابلية التشغيل (Judging Machinability) .

هنالك أربعة طُرق تستخدم للحُكم على قابلية التشغيل وتوضيح العوامل المؤثرة عليها وهذه الطُرق أو العوامل هي :

1.5.3 عُمر العُدة (Tool Life) .

إن المعادن التي يمكن أن تقطع بدون أن تسبب بلى سريع للعُدة تكون قابلة للتشغيل بشكل تام والعكس صحيح حيث المعادن التي تسبب بلى للعُدة تكون صعبة التشغيل. مادة القطعة المشغلة التي تحتوي على شوائب صلدة صغيرة وعديدة ربما تمتلك نفس الخواص الميكانيكية كمعدن منخفض الحك، وربما لا تحتاج إلى طاقة مستهلكة كبيرة أثناء القطع . الآن قابلية التشغيل لهذه المادة سوف تكون منخفضة بسبب خواصها الحاكة وتكون مسؤولة عن البلى السريع للعُدة، مما ينتج عنه تكاليف تشغيل عالية . هنالك مشكلة واحدة تنشأ من إستخدام عُمر العُدة كدليل لقابلية التشغيل هو حساسيته لمتغيرات التشغيل الأُخرى، وخصوصاً تأثير مادة العُدة.

إن معدلات قابلية التشغيل المستندة على عُمر العُدة لايمكن أن تجري مقارنة إذا إستعملت عُدة قطع مصنعة من فولاذ السرعات العالية في حالة واحدة وإستعملت عُدة كاربيدية ملبدة في الحالة الأخرى . إن العُمر الفائق للعُدد الكاربيدية يسبب عدم تفضيل قابلية التشغيل للمعدن المقطوع مع عُدة الفولاذ وحتى إذا إستعملت الأنواع المتماثلة لمواد العُدة في تقييم مواد القطعة المشغلة، فأن المعدلات التي لا معنى لها ربما تنتج من هذا التقييم .

على سبيل المثال إن أصناف قطع حديد الزهر الكاربيدية سوف لن تتحمل عند قطع الفولاذ بسبب حصول التحفر المفرط، وأصناف قطع الفولاذ الكاربيدية ليست صلدة بشكل كافي لإعطاء مقاومة حك كافية عند قطع حديد الزهر. يمكن تعريف عُمر العُدة على إنه الدورة الزمنية التي تنجز فيها

عُدة القطع عملها بكفاءة. وهنالك متغيرات عديدة تجعل تحديد عُمر العُدة صعب جداً وهذه المتغيرات هي :

1- المادة المراد تشغيلها.

2- مادة عُدة القطع.

3- الشكل الهندسي لعُدة القطع.

4- حالة الماكنة.

5- تثبيت عُدة القطع.

6- سرعة القطع.

7- التغذية.

8- عمق القطع.

أول من وضع بيانات شاملة عن عُمر العُدة يمكن فهمها هو العالم تايلور (*F.W. Taylor*) في عام 1907 ، وكان عمله هو القاعدة التي إستندت عليها الأبحاث التي تلته. وضح تايلور بأن العلاقة بين سرعة القطع وعُمر العُدة يمكن أن تُوضح عملياً بالمعادلة التالية :

$$VT^n = C \qquad (1)$$

حيث:

V= سرعة القطع (*feet/min*).

T= عُمر العُدة (*min*).

C= ثابت يعتمد على القطعة المشغلة، مادة العَدة، ومتغيرات الماكنة الأخرى. عددياً هو سرعة القطع التي سوف تعطي دقيقة واحدة لعمر العُدة.

n = ثابت يعتمد على مادة العُدة والمادة المشغلة.

هذه المعادلة تتنبأ بأنه عند الرسم على مقياس لوغاريتمي سوف تكون هناك علاقة خطية بين عُمر العُدة وسرعة القطع. الأس (n) يمتلك مدى قيم (0.125) لعُدد فولاذ السرعات العالية (HSS) وقيم (0.7) للعُدد السيراميكية .

2.5.3 قوى العُدة والقدرة المستهلكة (Tool Force & Power Consumption) .

إن إستخدام قوة العُدة أو القدرة المستهلكة كمقياس لقابلية التشغيل لمادة القطعة المشغلة جاء لسببين :

الأول: تصور قابلية التشغيل بالسهولة التي عندها يتم قطع المعدن. وتتضمن بأن المعدن سهل الدفع بواسطة العُدة يمتلك معدل قابلية تشغيل جيدة.

الثاني: تصور عملي أكثر لقابلية التشغيل من وجهة نظر الكلفة القليلة لكل جزء مشغل، تتناسب للقوى والطاقة المستهلكة والكلفة الإضافية للماكنة لقدرة مناسبة.

عند إستخدام قوة العُدة كمعدل لقابلية التشغيل، فيمكن أما إستخدام قوة القطع أو قوة الدفع (قوة التغذية). قوة القطع هي المعروفة بشكل أكثر لأنها القوة التي تدفع العُدة خلال القطعة المشغلة وتحدد القدرة المستهلكة . ولو إن معدلات قابلية التشغيل يمكن أن تدرج حسب قوى القطع تحت مجموعة لظروف التشغيل القياسية، ولكن البيانات تكون موجودة عادة في صيغ الطاقة النوعية (*Specific Energy*) . مواد القطعة المشغلة التي تمتلك طاقة نوعية عالية للمعدن المُزال يُقال إنها أقل قابلية التشغيل من تلك التي تمتلك طاقة نوعية منخفضة . إستخدام الطاقة المستهلكة الإجمالية أثناء التشغيل كدليل لقابلية التشغيل للقطعة المشغلة مشابهة لإستخدام قوة القطع.

مجدداً فأن البيانات الموجودة بصيغة الطاقة النوعية هي مفيدة جداً، حيث نذكر ميزة واحدة لإستخدام الطاقة النوعية للمعدن المُزال كمؤشر لقابلية

التشغيل هي إنها غالباً خاصية لمادة القطعة المشغلة نفسها وغير حساسة تماماً لمادة العُدة وبالعكس فأن عُمر العُدة يعتمد بقوة على مادة العُدة.

إن عامل إزالة المعدن (*Metal Removal Factor*) هو معاكس للطاقة النوعية ويمكن أن يستخدم مباشرة كمعدل لقابلية التشغيل، إذا إستخدمت القوى أو القدرة المستهلكة لتعريف قابلية التشغيل، حيث إن المعادن التي تمتلك عامل إزالة معدن عالي يمكن أن يُقال عنها إنها ذات قابلية تشغيل عالية .

3.5.3 الإنهاء السطحي (Surface Finish) .

إن نوعية الإنهاء السطحي المتروك على القطعة المشغلة أثناء عملية القطع هو في بعض الأحيان مفيد في تحديد معدل قابلية التشغيل للمعدن، حيث بعض القطع المشغلة سوف تكون بدرجة إنهاء غير جيد مقارنة بالقطع الأخرى، والسبب الأساسي لخشونة السطح هو تكوين وإنسلاخ أو تكسر أجزاء الحافة المتراكمة على العُدة. تميل المواد اللينة والمطيلية لتكوين حافة متراكمة بسهولة على عُدة القطع، إضافة إلى ذلك فأن الفولاذ المقاوم للصدأ، سبيكة التوربينات الغازية، والمعادن الأخرى مع قابلية إصلاد إنفعالي عالية تميل كذلك لتشغل مع حافات متراكمة. تميل المواد التي تشغل مع زوايا نطاق القص (*Shear Zone Angles*) لتخفيض تأثيرات الحافة المتراكمة، وتتضمن سبائك الألمنيوم، الفولاذ المشكل على البارد، الفولاذ حر التشغيل، البراص، وسبائك التيتانيوم.

إذا كان الإنهاء السطحي وحده هو الدليل المختار لتحديد قابلية التشغيل فأن المعادن الأخيرة معدلاتها أعلى من تلك في المجموعة الأولى. في حالات متعددة، يكون الإنهاء السطحي لا معنى له كمعيار لقابلية تشغيل المواد، فعلى سبيل المثال، المقطوعات الخشنة لا تتطلب إنتباه إلى إنهاءها السطحي . في العديد من المقطوعات ذات الإنهاء السطحي، سوف تزود الظروف التي تنتج بُعد مرغوب به على الجزء سوف تزود بشكل تأصلي إنهاء جيد ضمن مواصفات هندسية.

أشكال قابلية التشغيل المعتمدة على قياسات الإنهاء السطحي لا تتوافق دائماً مع القياسات التي يتم الحصول عليها بواسطة حسابات القوة أو عُمر العُدة.

يمتلك الفولاذ المقاوم للصدأ معدل واطئ في كل هذه المقاييس، بينما سبائك الألمنيوم سوف يكون معدلها عالياً. تمتلك سبائك التيتانيوم معدل عالي بواسطة قياسات الإنهاء السطحي، ومعدل واطئ بواسطة إختبارات عُمر العُدة ومعدل متوسط بواسطة قراءات القوى. معدل قابلية التشغيل للمواد المتنوعة بواسطة الإنهاء السطحي تكون أسهل للحساب. قراءات الإنهاء السطحي تؤخذ بواسطة آلة مناسبة بعد تشغيل قطع مشغلة عديدة قياسية لمواد متنوعة تحت ظروف قطع مسيطر عليها. معدل قابلية التشغيل يتغير عكسياً مع قراءة جهاز القياس.

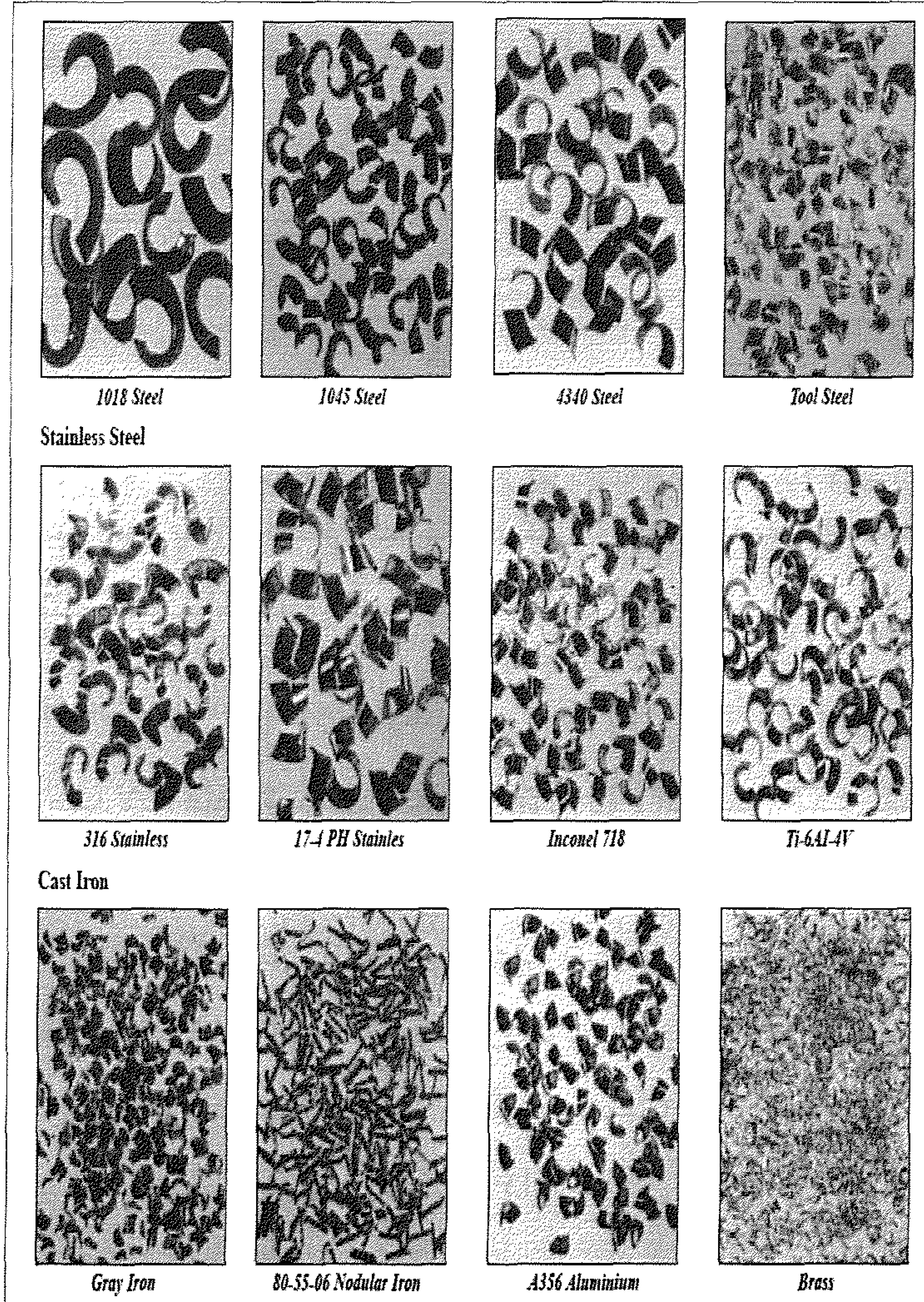
القراءة الواطئة سوف تعني إنهاء جيد، وبالتالي قابلية تشغيل عالية. المعدلات النسبية ربما يتم الحصول عليها بواسطة مقارنة القيمة الملاحظة للإنهاء السطحي مع تلك للمادة المختارة كوسيلة مقارنة .

4.5.3 شكل الرايش (Chip Form) .

هنالك معدلات قابلية تشغيل تعتمد على نوع الرايش الذي يتكون أثناء عملية التشغيل. ربما يحكم على قابلية التشغيل بواسطة سهولة معالجة الرايش والتخلص منه، حيث المادة التي تنتج رايش على شكل سلسلة طويلة سوف تكون ذات معدل واطئ، كما إن المادة التي تنتج رايش ناعم يقترب من المسحوق تمتلك نفس المعدل الواطئ. المواد التي تُكون رايش مكسور مدور بالكامل أو نصف مستدير للرايش الحلزوني العادي تكون ذات معدل عالي. إن معالجة الرايش والتخلص منه يمكن أن يكون مكلفاً بشكل كبير. سلاسل الرايش يمكن أن تهدد المشغل للماكنة والإنهاء السطحي للسطح الجديد .

وعلى آية حال، فأن تكوين الرايش هو دالة لمتغيرات الماكنة بالإضافة إلى مادة القطعة المشغلة والمعدلات التي يتم الحصول عليها من هذه الطريقة يمكن أن

تتغير بواسطة تجهيز كسارة رايش مناسبة. الإستخدام الواسع لم يُعمل لهذه الطريقة لتفسير قابلية التشغيل، فقد وجدت بعض التطبيقات في الثقب حيث فعل تكوين الرايش الجيد ضروري للحفاظ على إنسياب الرايش فوق الأخاديد (*Flutes*). الشكل رقم (3-3) يوضح أشكال رايش مثالية ناتجة من مواد متنوعة وشائعة.

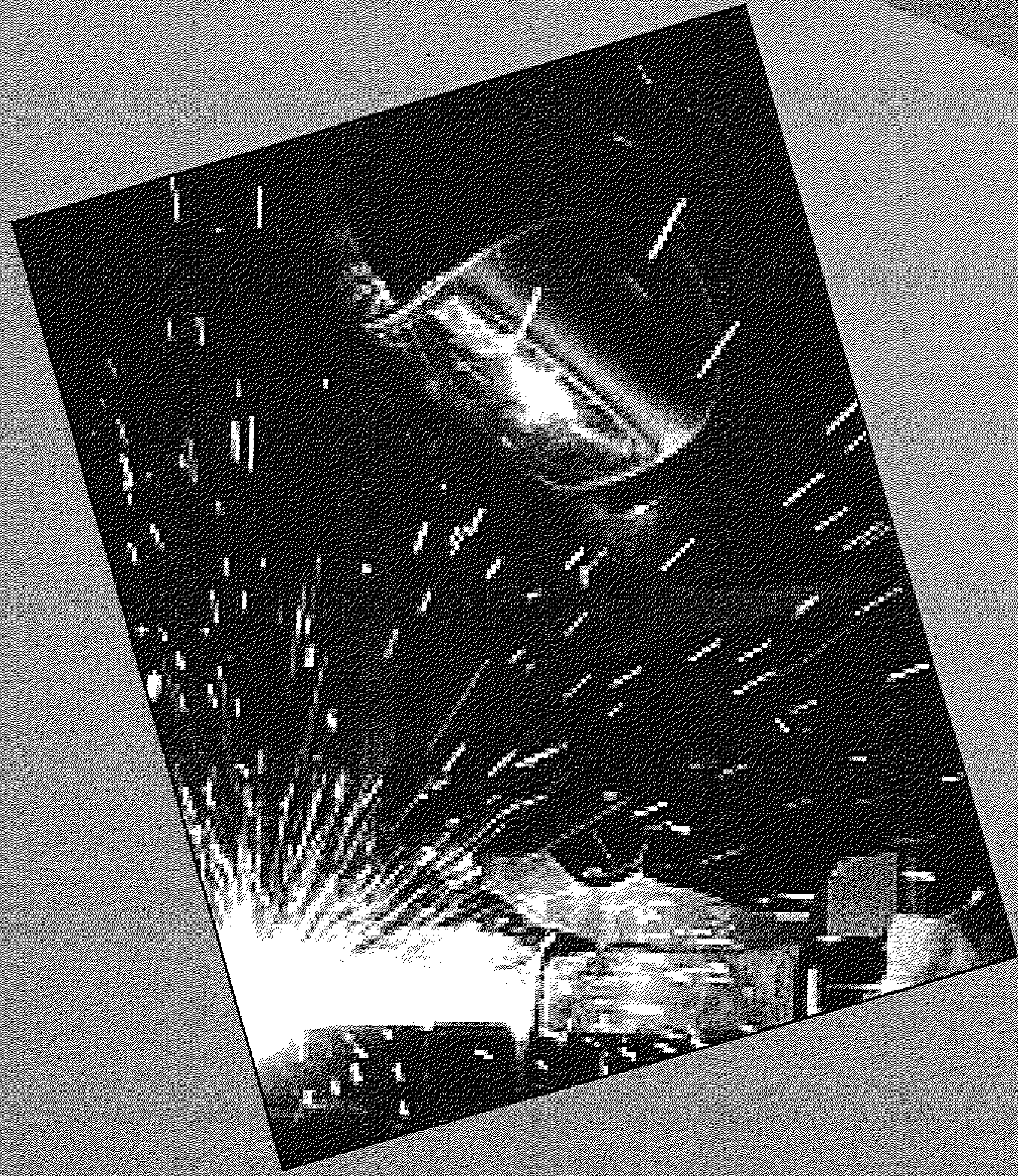


الشكل رقم (3-3): أشكال رايش مثالية ناتجة من مواد متنوعة

الفصل الرابع

عمليات وعُدد الخراطة

Turning Tools and Operations



4

الفصل الرابع

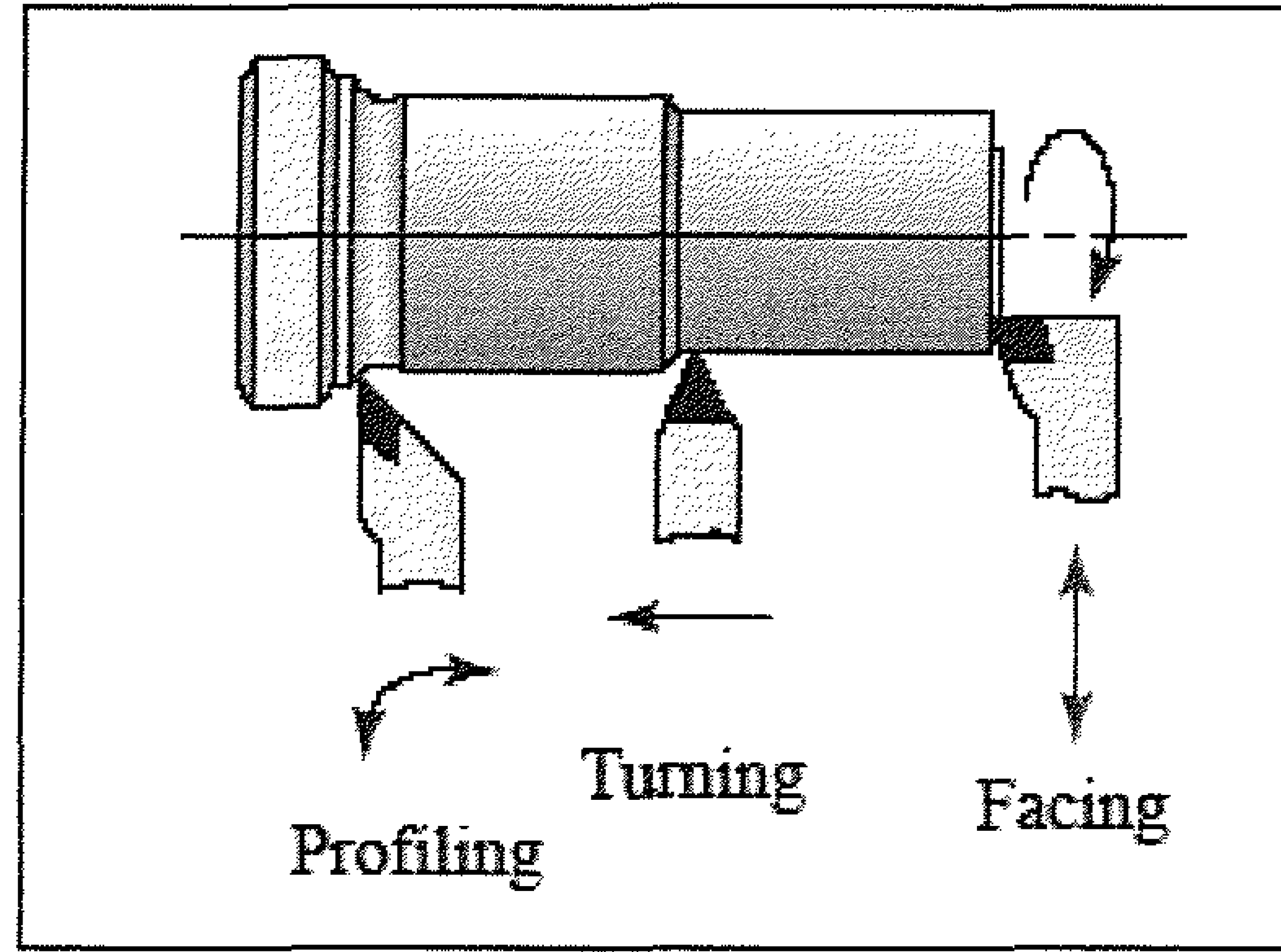
عمليات وعُدد الخراطة

Turning Tools and Operations

1.4 المقدمة (Introduction) .

الخراطة هي عملية قطع المعدن والتي تستخدم لتوليد سطوح إسطوانية. وعادة القطعة المشغلة هي التي تدور على عمود دوران والعُدة تغذى داخلها أما محورياً أو قطرياً أو كلا الطريقتين بشكل متزامن لإعطاء السطح المطلوب. إن مصطلح "خراطة" بمعناه العام، يشير إلى توليد أي سطح إسطواني مع عُدة مفردة. وبشكل أكثر دقة، فأنه غالباً يطبق فقط لتوليد سطوح إسطوانية خارجية موجهة أساسياً بشكل متوازي لمحور القطعة المشغلة. توليد السطوح الموجهة أساسياً بشكل عمودي لمحور القطعة المشغلة تسمى التسوية (Facing).

إن اتجاه حركة التغذية المحوري هو السائد في عملية الخراطة بالنسبة لعمود دوران الماكنة، أما التغذية القطرية فهي السائدة في عملية التسوية. أما السطوح المخروطية والكنتورية فأنها تحتاج إلى كلا النوعين من تغذية العُدة في الوقت نفسه وغالباً يشار إليها بمصطلح التشكيل الجانبي (Profiling). عمليات الخراطة والتسوية والتشكيل الجانبي موضحة في الشكل (4- 1). صفات القطع لمعظم تطبيقات الخراطة متشابهة. من أجل تشغيل سطح معين، تستخدم عُدة قطع واحدة فقط لهذا الغرض. هذه العُدة يجب أن تبرز من ماسكها بمسافة معينة ليتمكن الماسك من تصفية أو تنظيف القطعة المشغلة التي تدور. ما أن يبدأ القطع، تكون العُدة والقطعة المشغلة في تماس حتى يتولد السطح بشكل كامل. أثناء هذا الوقت تكون سرعة القطع وأبعاد القطع ثابتة عندما يتم خراطة السطح الاسطواني.



الشكل رقم (4- 1): مخطط لأكثر عمليات الخراطة شيوعاً التسوية، الخراطة، والتشكيل الجانبي

في حالة عمليات التسوية تتناسب سرعة القطع مع قُطر العمل، وتنخفض السرعة عند الإقتراب من مركز القطعة. في بعض الأحيان يتم التزويد بسرعة عمود متغيرة الميكانيكية لزيادة سرعة دوران القطعة المشغلة عند حركة العُدة لمركز الجزء. بشكل عام تميز الخراطة بواسطة ظروف الإستقرار للمعدن المقطوع. إن القوى على عُدة القطع ودرجة حرارة طرف العُدة هي أساسياً ثابتة بإستثناء بداية ونهاية القطع. في حالة التسوية الخاصة، فأن تغير سرعة القطع سوف يؤثر في درجة حرارة طرف العُدة. تكون درجات الحرارة العالية مواجهة للأقطار الواسعة على القطعة المشغلة. بما أن سرعة القطع تمتلك تأثير صغير فقط على قوى القطع، لذلك يتوقع أن تبقى القوى العاملة على عُدة التسوية ثابتة أثناء القطع .

2.4 عمليات القطع المتآصرة . (Related Turning Operations)

إضافة إلى الخراطة والتسوية فإن هنالك عمليات تشغيل متنوعة أُخرى يمكن إنجازها على المخرطة وكما موضح في الشكل رقم (4- 2). في معظم العمليات تستخدم عُدد القطع المفردة لإنجاز التشغيل على المخرطة . وفيما يلي وصف لستة عمليات إضافية تُنجز على المخرطة هي :

1- الشطب (Chamfering). وتسمى أيضاً بالشمفرة وتُستخدم العُدة لقطع زاوية الإسطوانة (Cylinder Corner). (الشكل رقم (4- 2-a)) .

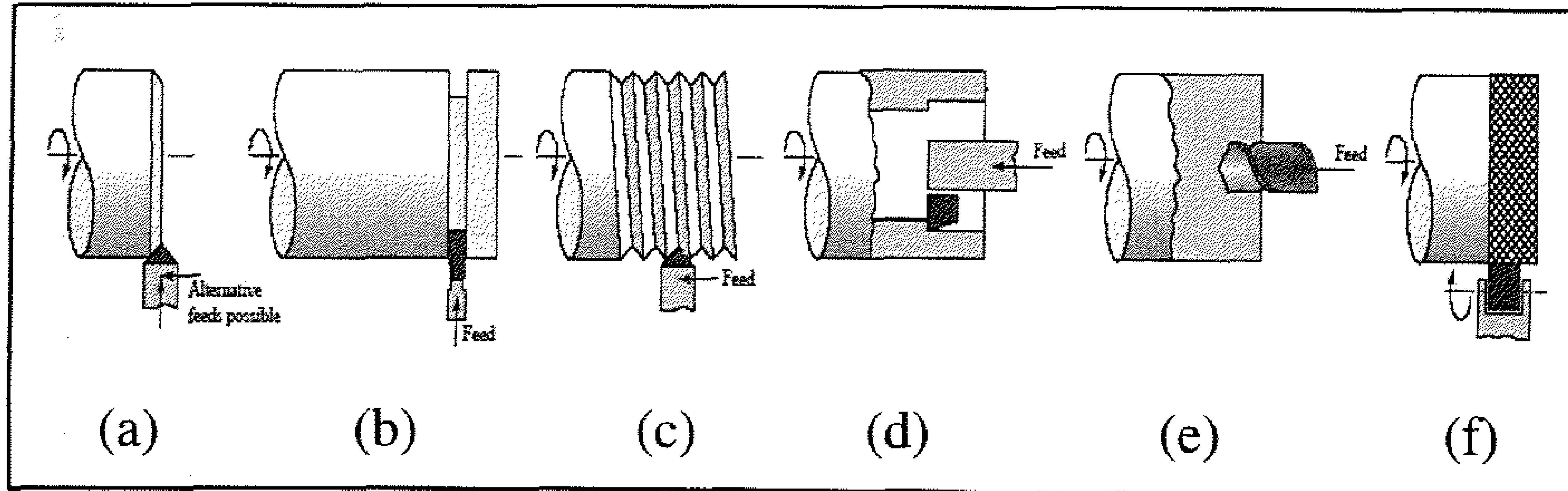
2- الفصل (Parting). يتم تغذية العُدة قطرياً داخل القطعة المشغلة التي تدور عند موضع معين على طول القطعة لقطع نهاية الجزء. (الشكل رقم (4- 2-b)) .

3- التسنين (Threading). عُدة مستدقة الطرف تُغذى خطياً عبر السطح الداخلي أو الخارجي للأجزاء الدوارة لإنتاج أسنان خارجية أو داخلية. (الشكل رقم (4- 2-c)) .

4- التثقيب (Boring). يتم توسيع الثقب المصنوع بواسطة عملية سابقة، ويتم انجازه بعُدة مفردة تغذى خطياً وموازية لمحور الدوران. (الشكل رقم (4- 2-d)) .

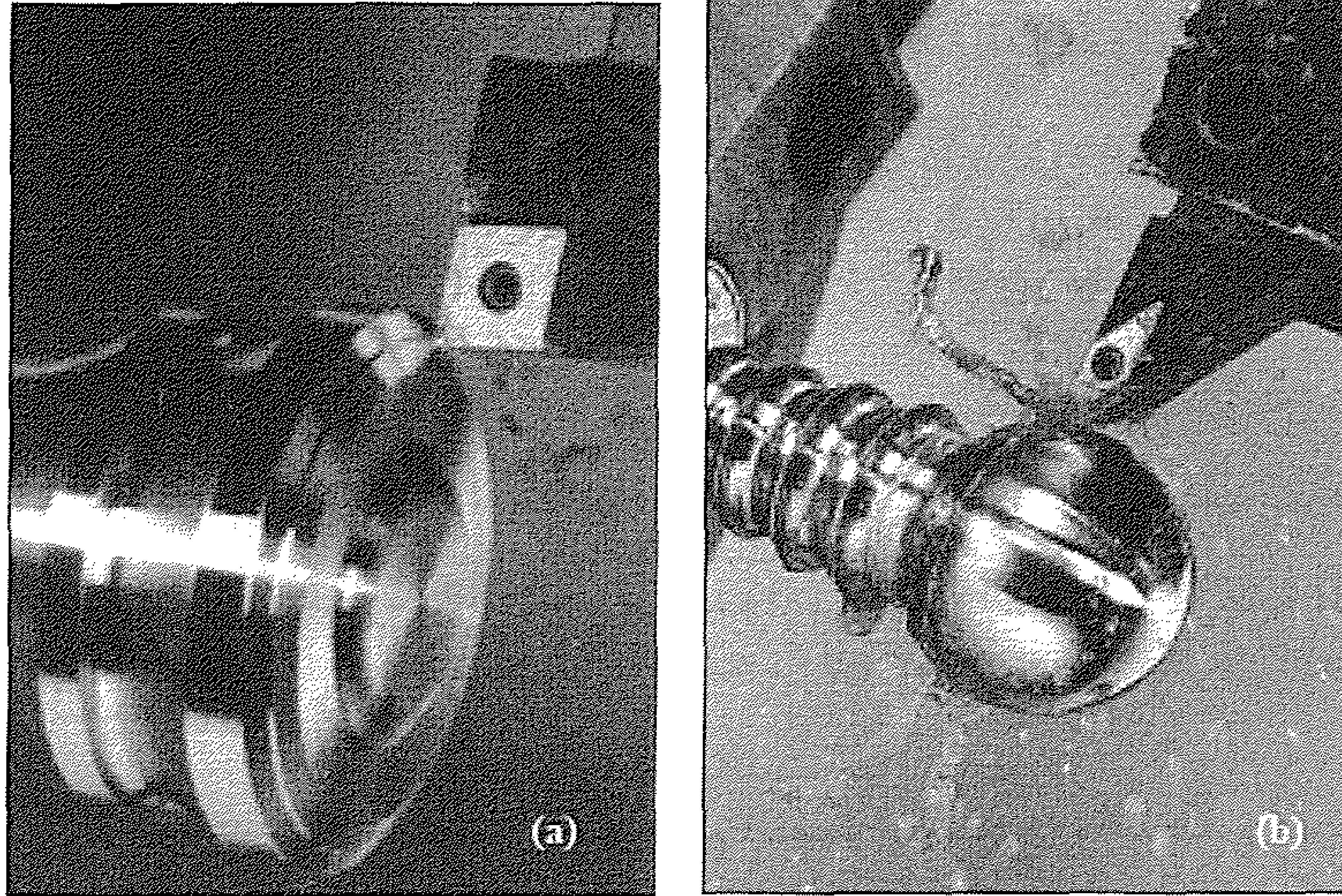
5- الثقب (Drilling). إنتاج ثقب يتم بواسطة تغذية المثقب داخل القطعة الدوارة على طول محورها، ويمكن أن تتبع عملية الثقب عملية التوسيع أو التثقيب لتحسين الدقة والإنهاء السطحي. (الشكل رقم (4- 2-e)) .

6- التخريش أو التهشير (Knurling). هي عملية تشكيل للمعدن وتستخدم لإنتاج نموذج منتظم مُهشر عرضياً في السطوح المشغلة. (الشكل رقم (4- 2-f)) .



الشكل رقم(4- 2): عمليات الخراطة المتآصرة : a - الشطب، b- الفصل، c- التسنين،

الشكل رقم (4- 3) يوضح عملية الشطب والتشكيل الجانبي.



الشكل رقم (4- 3): العمليات التي تنجز على المخرطة أو تشغيل المركز

a- الشطب b- التشكيل الجانبي

3.4 ماسكات عُدة الخراطة (Turning Tool Holders) .

تم مناقشة ماسكات العُدة الميكانيكية ونظام (*ANSI*) للتصنيف لماسكات عُدة الخراطة واللقم المقسمة في الفصل الثاني، وسوف يتم هنا تقديم مناقشة مفصلة لأنواع ماسكات العُدة وتطبيقاتها.

1.3.4 أشكال ماسكات العُدة (Tool Holder Styles) .

حدد نظام (*ANSI*) للترقيم لماسكات الخراطة أحرفاً لهندسيات ثابتة تبعاً لزاوية المقدمة وزاوية حافة القطع الخلفية. إن العمليات التي يتم إنجازها على المخرطة وهي الخراطة، التسوية، التحزيز، التسنين، والقطع تم تغطيتها بواسطة سبعة أشكال أساسية للعُدة محددة بواسطة نظام (*ANSI*) وهذه الأشكال الأساسية هي:

1- **شكل** (*A*).

ساق مستقيم مع زاوية حافة قطع جانبية مقدارها (0°)، يستخدم لعمليات الخراطة.

2- **شكل** (*B*).

ساق مستقيم مع زاوية حافة قطع جانبية مقدارها (15°) تستخدم لعمليات الخراطة أيضاً.

3- **شكل** (*C*).

ساق مستقيم مع زاوي حافة قطع خلفية مقدارها (0°)، يستخدم لعمليات القطع والتحزيز.

4- **شكل** (*D*).

ساق مستقيم مع زاوية حافة قطع جانبية مقدارها (45°)، تستخدم لعمليات الخراطة.

5- **شكل** (*E*).

ساق مستقيم مع زاوية حافة قطع جانبية مقدارها (30°) تستخدم لعمليات التسنين.

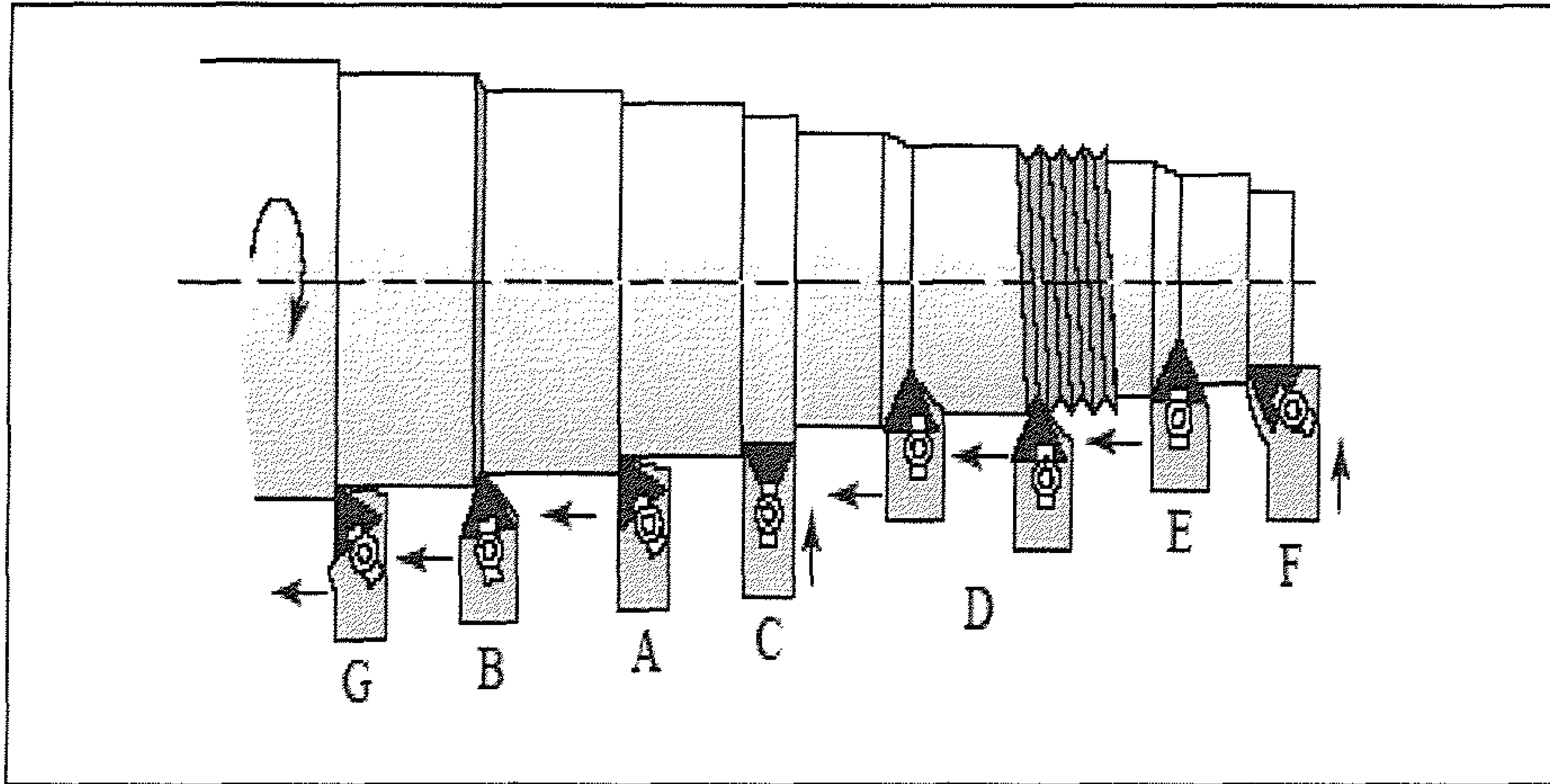
6- **شكل** (*F*).

ساق فرعية (*Offset*) مع زاوية حافة قطع خلفية مقدارها (0°) تستخدم لعمليات التسوية.

7- **شكل** (*G*).

ساق فرعية مع زاوية حافة قطع جانبية مقدارها(0°)، هذه هي عُدة الشكل (A) مع خلوص إضافي مبني لعمليات الخراطة قريباً من قابض المخرطة.

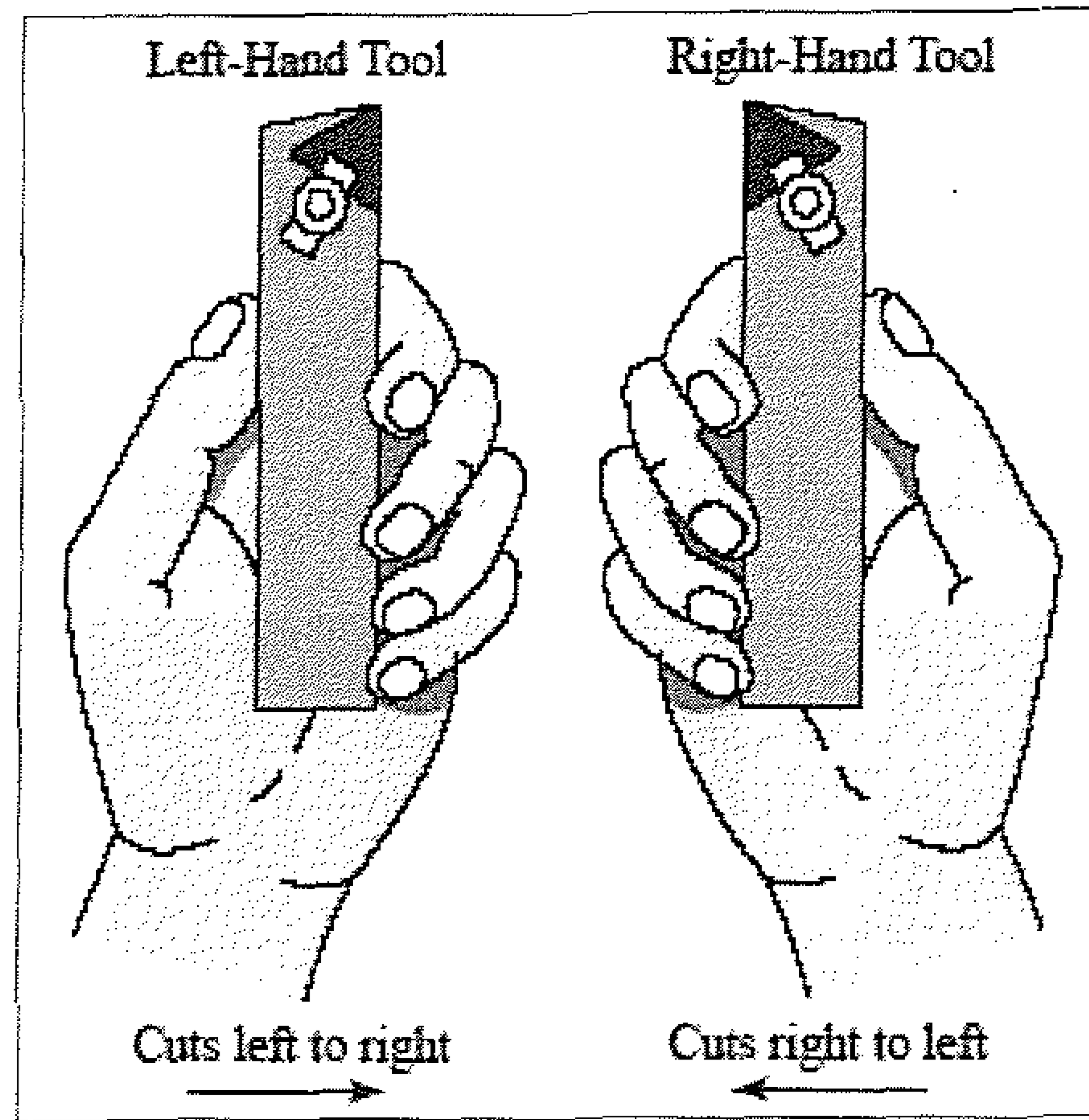
هنالـك أشـكال أخـرى عديـدة لعُـدد الخراطـة موجـودة في التطبيقـات الصناعية مفصلة بواسطة نظام (*ANSI*) (إنظر الشكل رقم (2- 35)). العُدد السبعة الأساسية موضحة في الشكل رقم (4- 4).



الشكل رقم (4- 4): الأشكال السبعة الأساسية لماسك العُدة

2.3.4 ماسكات العُدة اليمنى واليسرى (Right & Left Hand Tool Holder).

أشكال ماسك العُدة التي نُوقشت هنا والموضحة أعلاه تمثل جزءاً من تلك الأشكال القياسية المتوفرة من معظم مصنعي عُدد القطع المُقسمة. عُدد الخراطة القياسية المتوفرة حسب نظام (*ASNI*) توجد أما بأشكال يسرى أو يمنى. إن مشكلة التفريق بين العُدة اليمنى أو اليسرى يمكن أن تحل بواسطة النظر الى الشكل رقم (4- 5).



الشكل رقم (4- 5): طريقة المطابقة لماسكات العُد

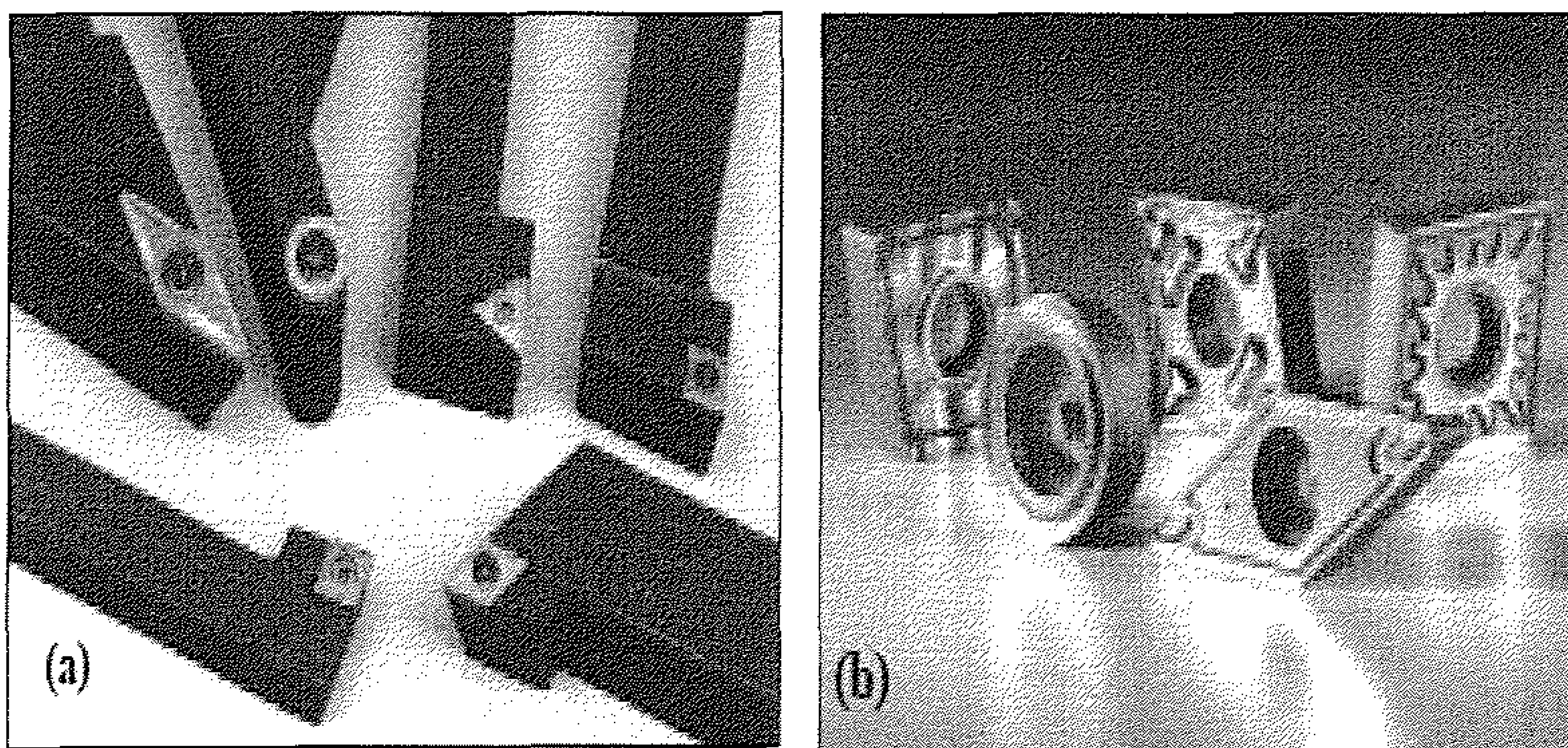
ذات اليد اليمنى واليد اليسرى

3.3.4 أشكال لقمة الخراطة (Turning Insert Shapes) .

تصنع لقم الخراطة في أشكال، أحجام، وأسماك متنوعة، مع فجوات أو ثقوب مستقيمة، مع ثقوب غاطسة، أو بدون ثقوب، مع كسارات رايش على جانب واحد أو مع كسارات رايش على الجانبين أو بدون كسارات رايش. إن اختيار الشكل الهندسي لماسك عُدة الخراطة المناسب مرتبط مع شكل اللقمة الصحيح والشكل الهندسي لكسارة الرايش والذي سوف يؤثر بشكل كبير على الإنتاجية وعمر العُدة في عملية الخراطة.

إن مقاومة اللقمة واحدة من أهم العوامل التي تحدد اختيار الشكل الهندسي الصحيح للقمة من أجل قطعة مشغلة أو مدى الصلادة. تعتبر اللقم المثلثة من أكثر الأشكال شيوعاً نظراً لمدى تطبيقها الواسع. اللقمة ثلاثية الزوايا يمكن أن تستعمل في أي واحد من ماسكات الخراطة السبعة الأساسية المذكورة سابقاً. تستخدم اللقمة ماسية الشكل في عمليات الخراطة الجانبية بينما تستعمل اللقمة المربعة على عُدد زاوية المقدمة. إن القاعدة العامة لتقدير مقاومة اللقمة بالاستناد الى شكلها هو الزاوية المحصورة الواسعة على زاوية اللقمة معناه مقاومة لقمة أكبر. والجدول رقم (4- 1) يوضح أشكال لقم

متنوعة موزعة من الأقوى الى الأضعف. إن العلاقة بين أشكال اللقمة ومقاومتها تم شرحها في الفصل الثاني (انظر الشكل (2- 28)). الشكل رقم (a-6-4) يوضح عدد من ماسكات عُدة الخراطة الشائعة أما الشكل رقم (b-6-4) فيوضح عدة أشكال من اللقم المقسمة الشائعة الاستعمال.



الشكل رقم (4- 6): a- عدد من ماسكات عُدة الخراطة الشائعة

b- عدد من أشكال اللقم المقسمة

الجدول رقم (4- 1): أشكال اللقم مع الزاوية المحصورة للقمة من الأقوى الى الأضعف

الزاوية المحصورة للُقمة	شكل اللُقمة	حرف التصميم
N/A	*Round* -دائري	*R*
135	*Octagon* -الثماني	*O*
120	*Hexagon* -السداسي	*H*
108	*Pentagon* -الخماسي	*P*
90	*Square* -المربع	*S*
80	*Diamond* -الماسي	*C*
60	*Triangle* -المثلث	*T*
55	*Diamond* -الماسي	*D*
35	*Diamond* -الماسي	*V*

4.4 ظروف التشغيل (Operating Conditions) .

يسيطر على ظروف التشغيل ثلاث متغيرات مهمة في قطع المعدن هي:

1. معدل إزالة المعدن (Metal Removal Rate).
2. عمر العُدة (Tool Life).
3. الإنهاء السطحي (Surface finish).

يجب أن يتم إختيار ظروف التشغيل الصحيحة بحيث تكون هناك موازنة بين هذه المتغيرات الثلاثة للحصول على كلفة تشغيل منخفضة لكل قطعة، أقصى معدل إنتاج، و/أو الإنهاء السطحي الأفضل أيهما مرغوب لعملية خاصة . إن نجاح أية عملية تشغيل يعتمد على القطعة المشغلة وعُدة القطع. إن وضع القطعة يصبح أكثر أهمية خصوصاً عندما تكون القطعة المشغلة غير ثابتة وعندما يجب أن تمتد عُدة القطع أو مركبات الماكنة لتصل إلى المساحة المراد تشغيلها. إن إنحراف القطعة المشغلة، عُدة القطع، والماكنة موجودة دائماً ولا يمكن أن يتم التخلص منها بشكل كلي. هذا الإنحراف يكون عادة قليل جداً بحيث ليس له تأثير على العملية وغالباً لا يلاحظ.

ويصبح الإنحراف مشكلة فقط في حالة ما إذا نتج منه الإصطكاك، الإهتزاز، أو الإلتواء. لذلك فمن المهم أخذ الوقت والجهد الضروريين للتأكد من إن وضع القطعة المشغلة ثابت إن أمكن لنوع العملية حتى تكون عملية التشغيل ناجحة. وهذا الشيئ مهم خصوصاً عندما يتم صنع مقطوعات ثقيلة متقطعة .

يجب أن يتم أخذ التوازن بنظر الإعتبار عندما يتم تشغيل قطع أحادية الشكل (*Odd-(Shaped* ، وخصوصاً تلك التي لا تمتلك وزن موزع غير منتظم أو تلك التي تُحمل بعيداً عن المركز. أن الحالة الغير متوازنة يمكن أن تضر بالسلامة ويمكن أن تسبب عدم دقة العمل، الإصطكاك والضرر للماكنة. على الرغم من أمكانية عدم ظهور مشاكل التوازن، إلا أنها يمكن أن توجد عند عمليات تشغيل السرعات الواطئة وسوف تصبح شديدة بشكل متزايد عندما

تزداد السرعة. تحصل الظروف غير المتوازنة غالباً عند إستخدام المناضد الدوارة وصفائح إسناد المخرطة (صينية المخرطة).

عند إزالة المادة من القطعة المشغلة يمكن أن يتغير التوازن. إذا كانت سلسلة من المقطوعات الخشنة تسبب مشكلة في عدم التوازن للقطعة المشغلة، فأن مشكلة عدم التوازن سوف تكون مضاعفة عندما تزداد السرعة لإنهاء السطح للمقطوعات. وكنتيجة لذلك، فأن أسباب المشاكل في الحصول على الدقة المطلوبة والإنهاء السطحي، ربما لا تظهر حتى تتم آخر مرحلة في عملية الإنهاء. إن ظروف التشغيل تصبح ذات أهمية بالغة عندما يتم تشغيل أجزاء كبيرة جداً كما موضح في الشكل رقم (4- 7).



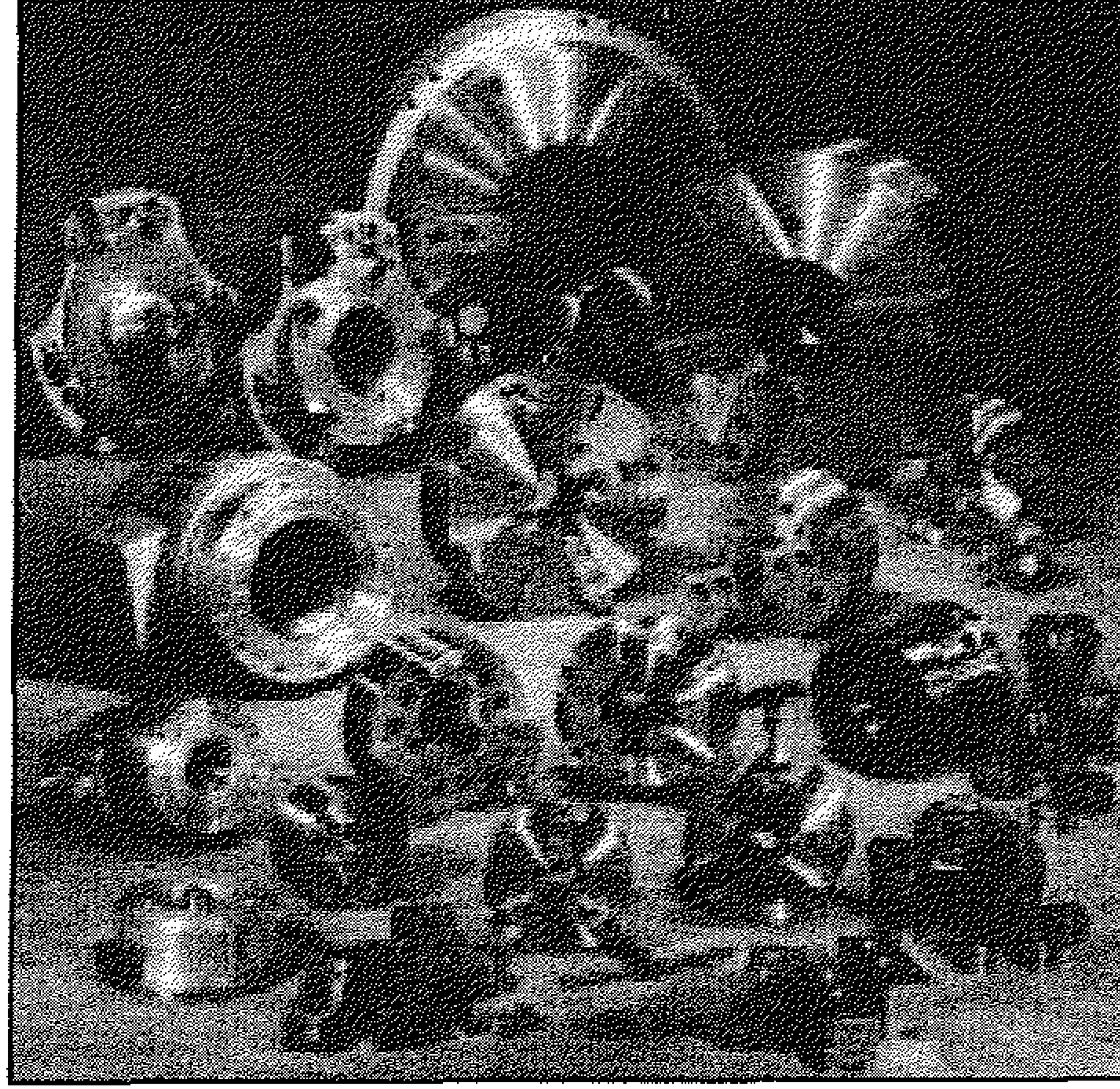
الشكل رقم (4- 7): تشغيل أجزاء كبيرة جداً تؤثر على ظروف التشغيل

1.4.4 طُرق التثبيت (Work Holding Methods).

طرق التثبيت عديدة وموضحة في الشكل رقم (4- 8) ولكن هنالك ثلاث طرق رئيسية للتثبيت في المخرطة وهي الأكثر شيوعاً وإستخداماً وهي كالآتي :

1. التثبيت في الظرف .
2. التثبيت بين المركز .

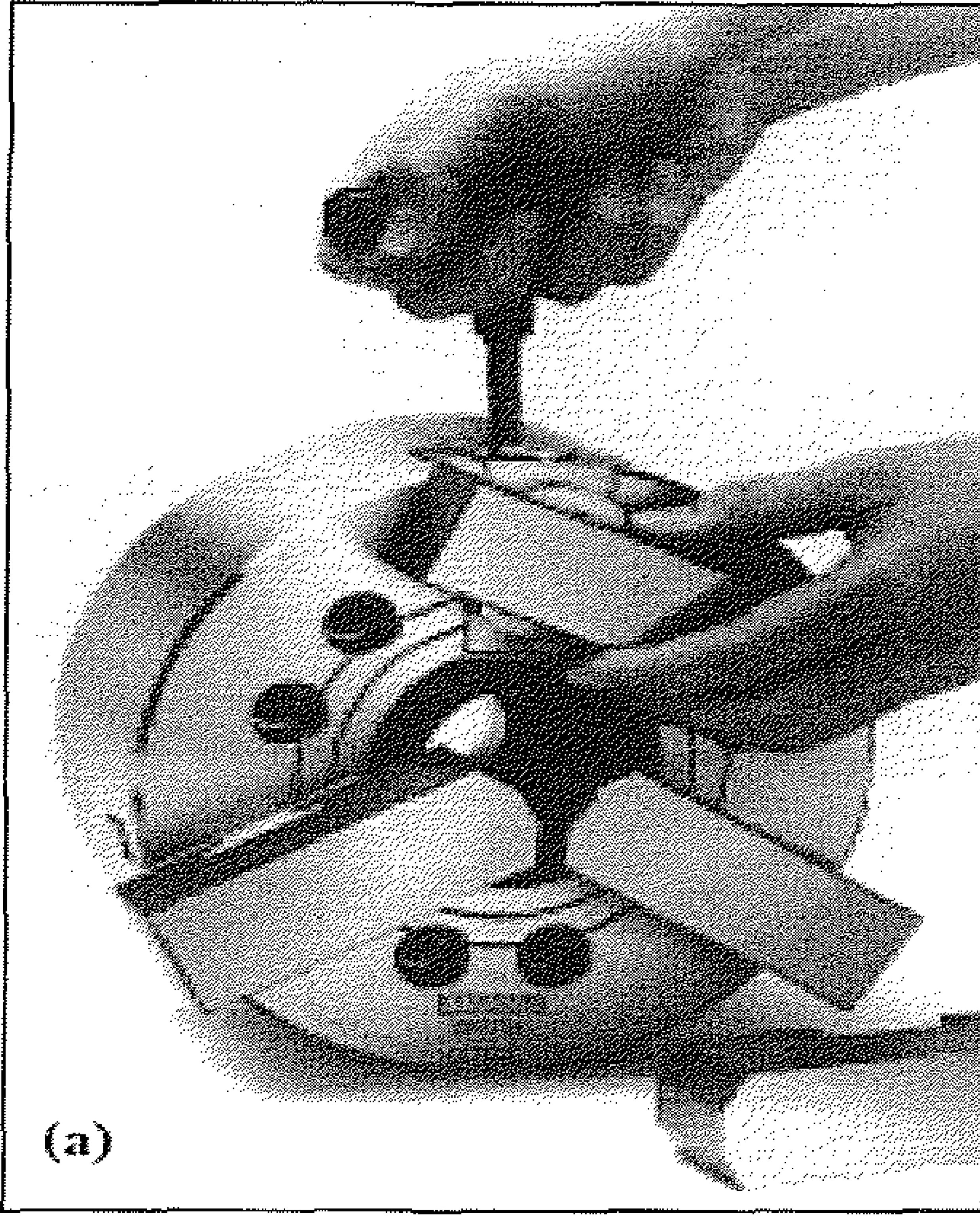
3. الأطواق .

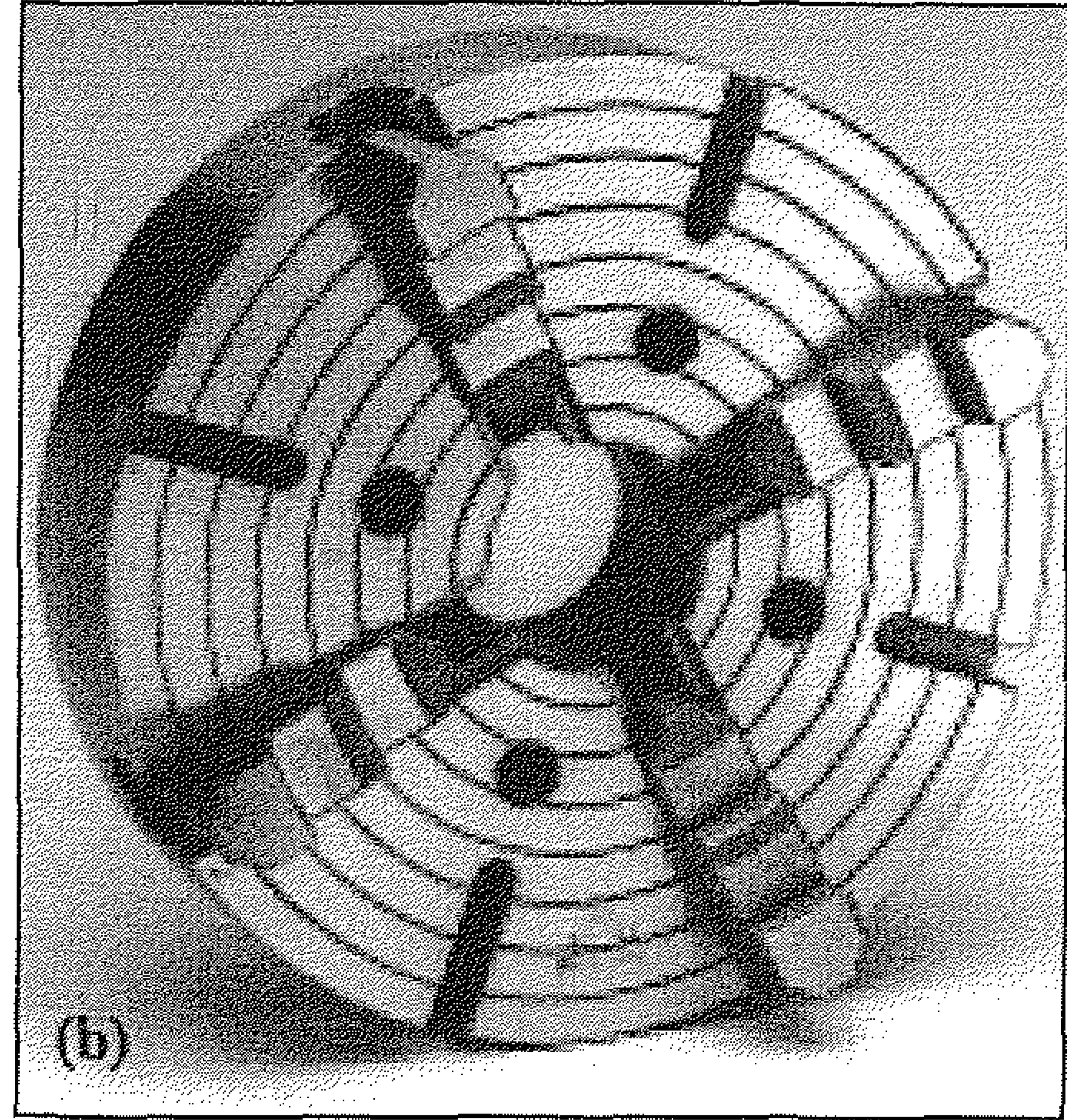


الشكل رقم (4- 8): أشكال متنوعة من أدوات التثبيت التي تستخدم على المخرطة

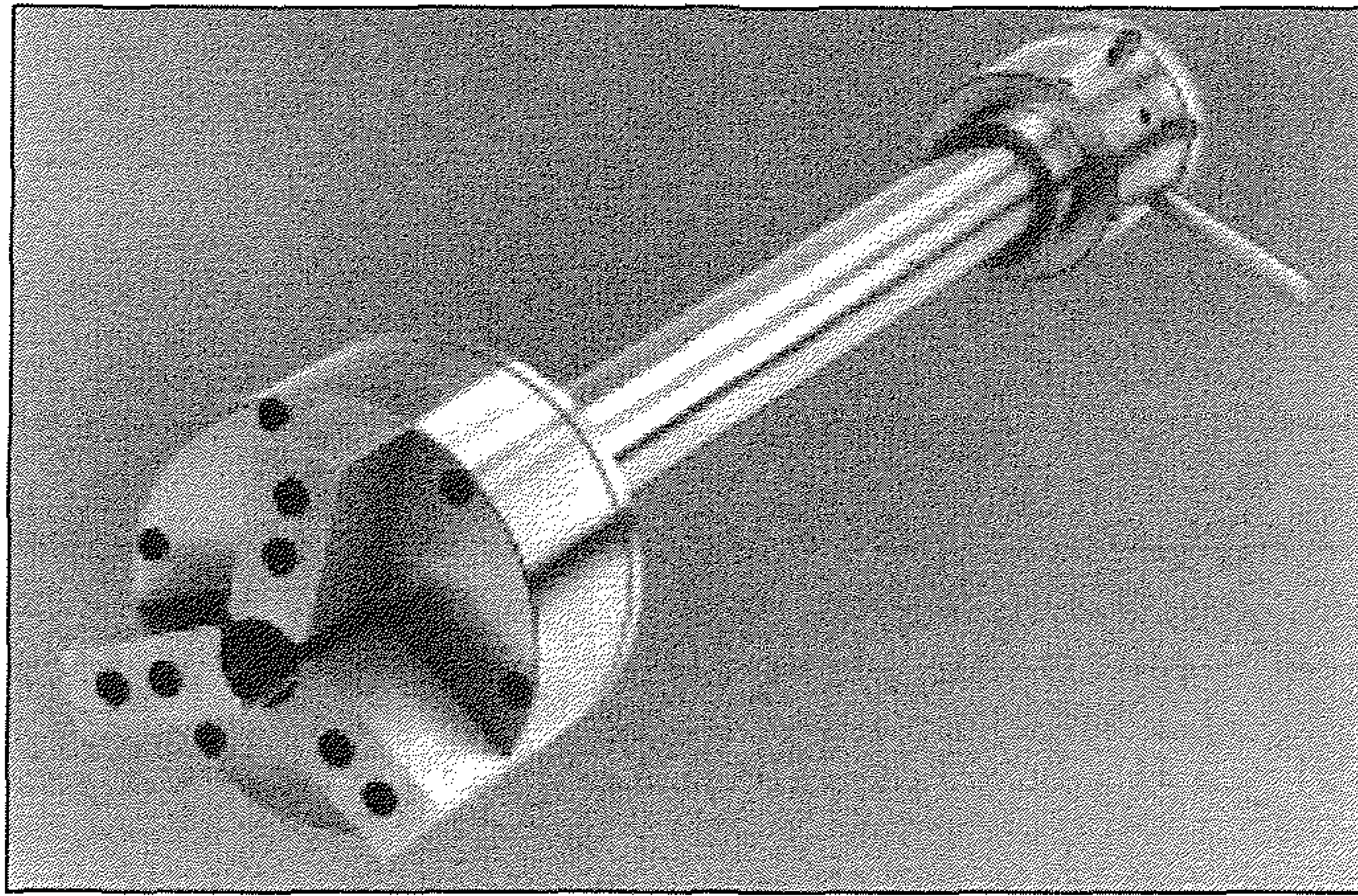
1- **التثبيت في الظرف** (Holding in Chuck).

وهو من أكثر الطُرق شيوعاً في التثبيت. يمتلك الظرف (Chuck) ثلاثة فكوك أو أربعة وكما موضح في الشكل رقم (4- 9)، ومركب على نهاية عمود الدوران الرئيسي. يُستخدم الظرف الذي يمتلك ثلاثة فكوك لمسك القطع المشغلة الإسطوانية عندما العمليات المراد إنجازها يكون فيها السطح المشغل متحد مع المركز مع أسطح العمل. تمتلك الفكوك سلسلة من الأسنان التي تتعشق مع الحزوز الحلزونية على الصفيحة الدائرية داخل الظرف. ويمكن أن تدور هذه الصفيحة بواسطة مفتاح يحشر في تجويف مربع والذي ينتج عنه آنية قطرية للفكوك. بما إن الفكوك تحتفظ بمسافة متساوية من محور الظرف، لذلك فأن القطع المشغلة الاسطوانية تتمركز ذاتياً عندما يتم تثبيتها. الظروف ثلاثية الفكوك موضحة أيضاً في الشكل رقم (4- 10)، تستخدم لتثبيت الأجزاء الاسطوانية ذاتياً مستخدمة أما قدرة كهربائية أو هيدروليكية.





الشكل رقم (4- 9): a- ظرف ثلاثي الفكوك b- ظرف رباعي الفكوك

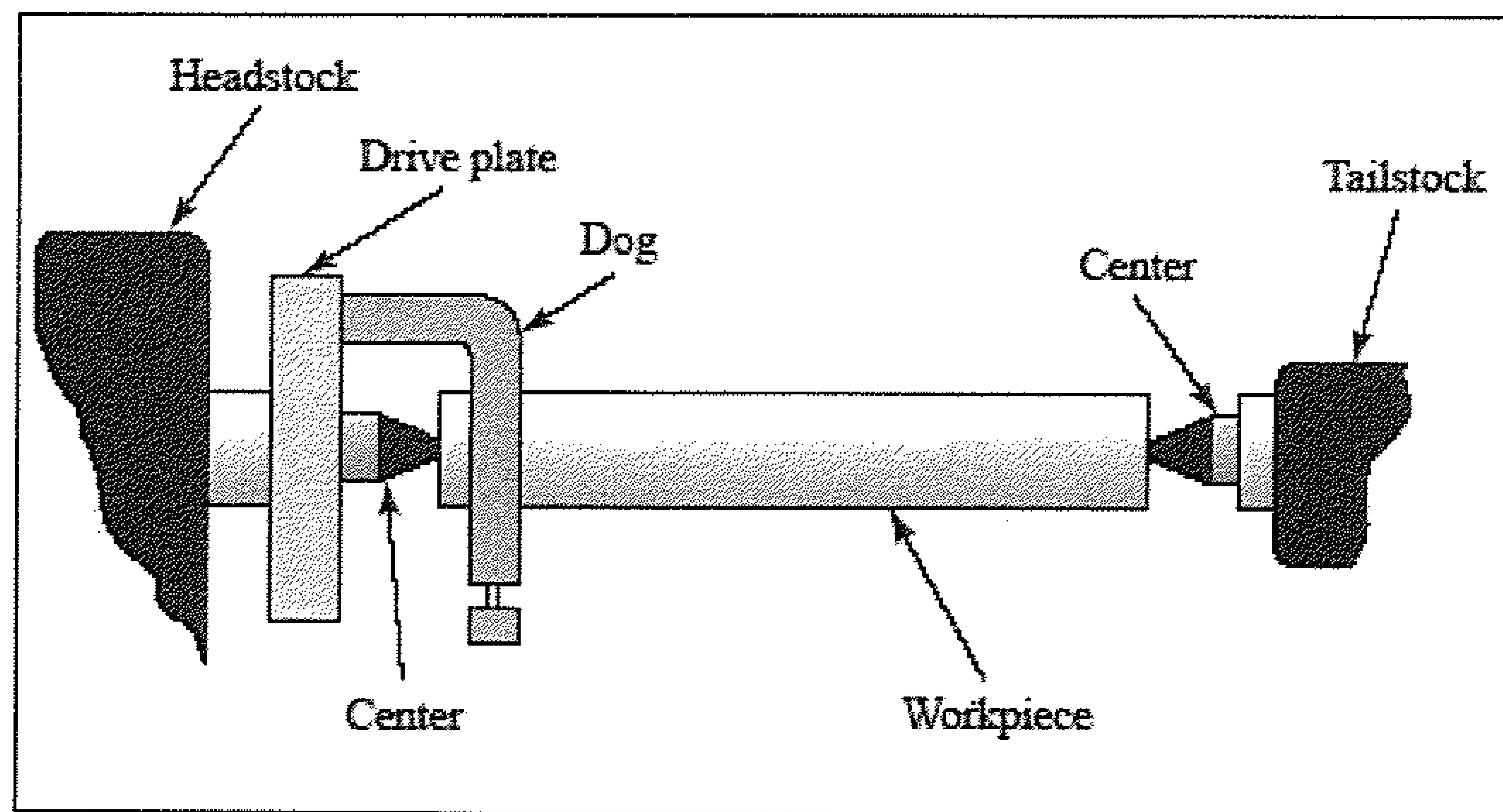


الشكل رقم (4- 10): ظروف ذو ثلاث فكوك

في حالة الظرف الرباعي الفكوك، فأن كل فك يمكن أن يُعدل بشكل مستقل بواسطة دوران الأسنان اللولبية المتراكبة قطرياً. ومع انه يتم صرف وقت في الحصول على تركيب دقيق للظرف رباعي الفكوك، إلا انه ضروري للقطع المشغلة غير الاسطوانية. الظرف رباعي الفكوك موضح في الشكل رقم (4-9-b).

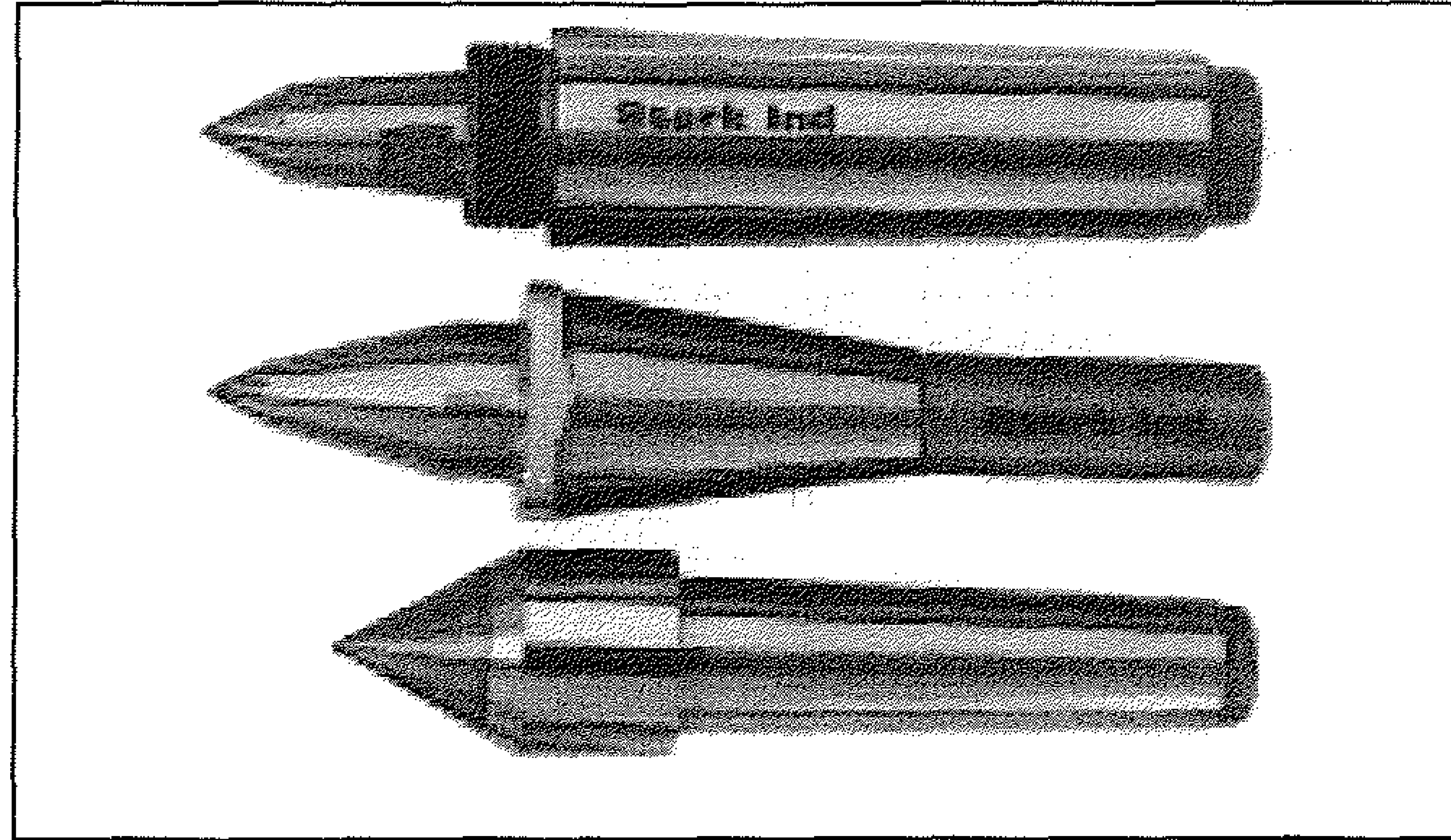
2- التثبيت بين المركز (Holding Between Centers).

من أجل الحصول على عمليات خراطة دقيقة وفي حالة كون السطح المشغل لا يكون اسطواني بالمعنى الصحيح عندئذ يمكن استعمال الخراطة بين المراكز. هذا النوع من التثبيت مبين في الشكل رقم (4- 11). بشكل ابتدائي، تمتلك القطعة المشغلة تجويف مركزي مخروطي مثقوب عند كل نهاية ليعطي موقع لمراكز المخرطة. تقوم أداة التثبيت والتي تدعى الكُلاب (*Dog*) بتثبيت القطعة المشغلة قبل أن يتم وضعها بين المراكز (واحد في الكُلاب الثابت وواحد في الغراب المتحرك). يتم ترتيب الكُلاب بحيث يحشر الطرف داخل شق في قرص التدوير المتراكب على عمود الدوران الرئيسي، بحيث يتم التأكد من أن القطعة المشغلة سوف تدور مع عمود الدوران. تعمل مراكز المخرطة على إسناد القطعة المشغلة بين الغراب الثابت والمتحرك. المركز المستخدم في عمود الغراب الثابت يدعى المركز الحي (*Live Center*)، والذي يدور مع عمود الغراب المتحرك يدعى المركز الميت (*Dead Center*).



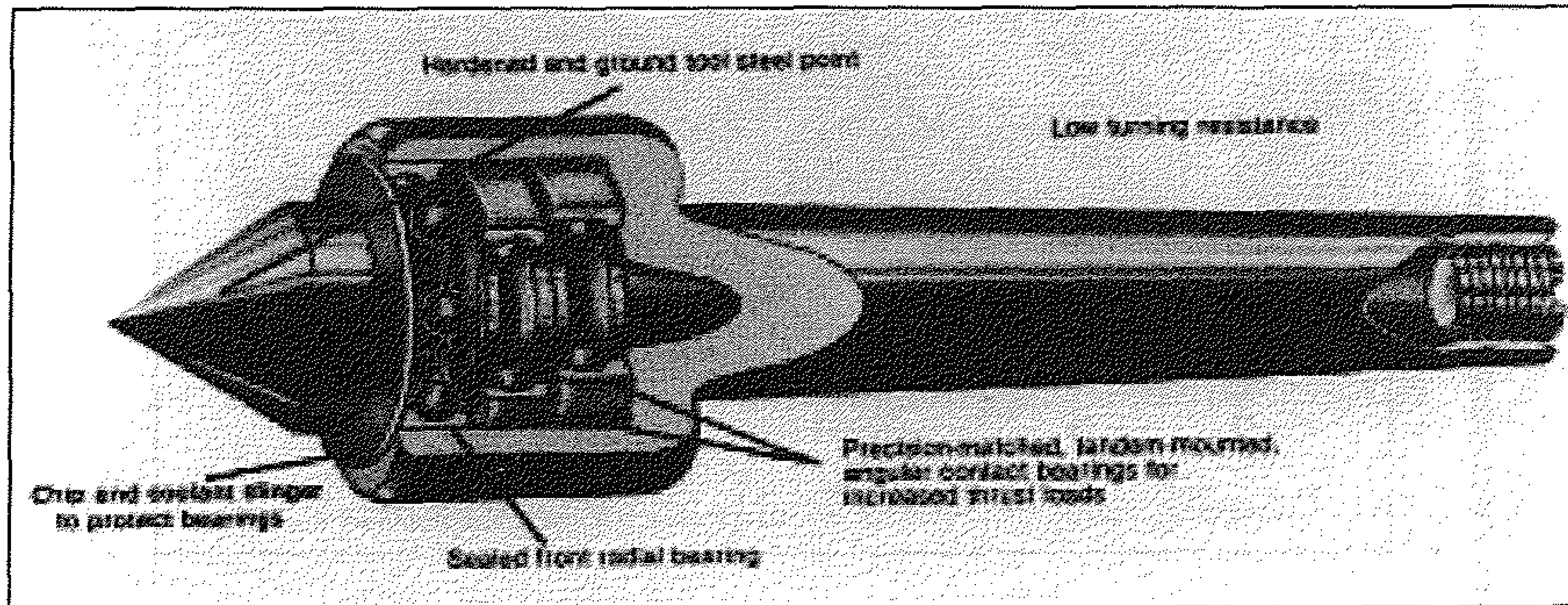
الشكل رقم (4- 11): التثبيت بين المراكز

المركز الميت عادة لا يدور ويجب أن يكون مصلد ومزيت ليقاوم البلى للعمل الدوار. الشكل رقم (4- 12) يوضح ثلاث أنواع من المراكز الميتة.



الشكل رقم (4- 12): ثلاث أنواع من المراكز الميتة المصلدة

وكما موضح في الشكل رقم (4- 13) يزود بعض المصنعين المركز الحي بمحامل اسطوانية أو كروية مما يُمكنه من الدوران. يكون التجويف في عمود الدوران الذي يتطابق داخل المركز عادة هو مستدق مورس القياسي (*Morse Standard Taper*). وهذا الشيئ مهم حتى يتم الحفاظ على التجويف في عمود الدوران خالياً من الشوائب، وكذلك يكون الطرف المستدق للمركز نظيفاً وخالياً من الرايش أو النتوءات.



الشكل رقم (4- 13): المراكز الحية المزودة بمحامل اسطوانية أو كروية

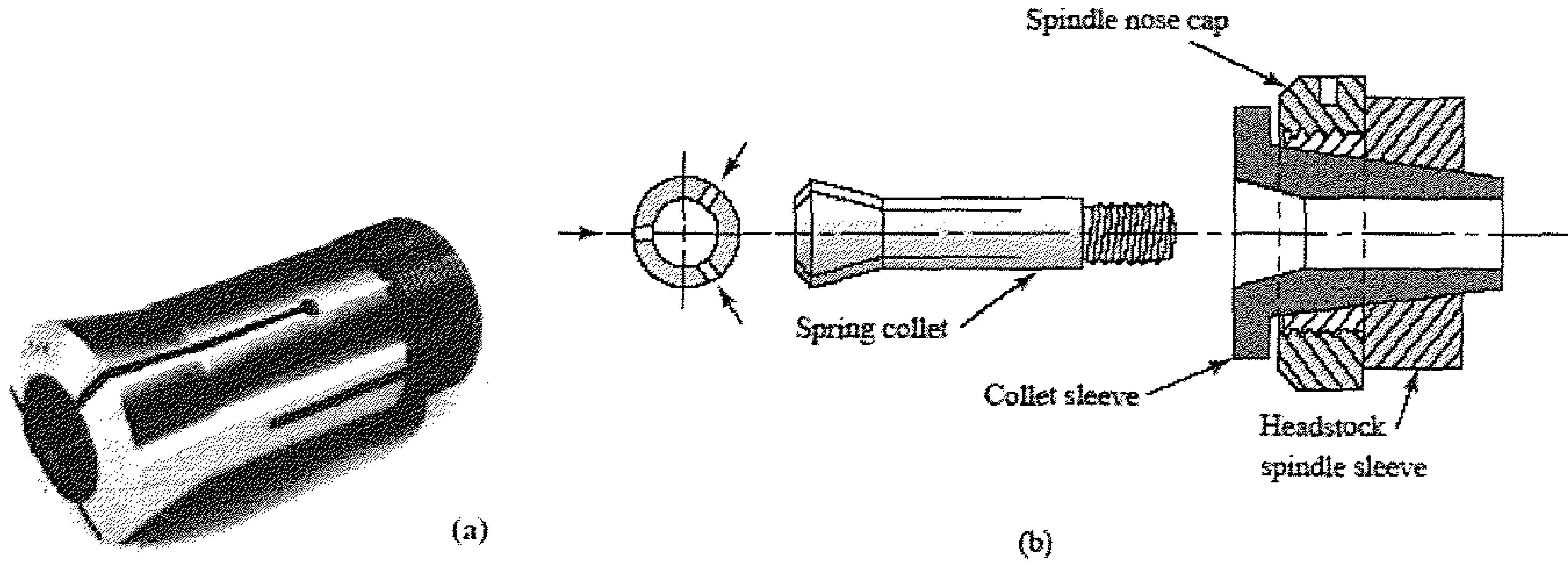
إذا كان الطرف المستدق للمركز الحي محتوياً على الشوائب أو فيه نتوءات فأنه لن يدور بشكل صحيح. تلعب المراكز دوراً مهماً في عملية الخراطة، لأنها تعطي الإسناد للقطعة المشغلة ويجب أن تكون مجلخة بشكل مناسب وفي

تراصف مثالي مع بعضها البعض. يجب أن تكون القطعة المشغلة مثقوبة بشكل مثالي جداً وبتجاويف مهشرة لتستقبل المركز ممتلكاً لزاوية مقدارها (60°).

3- الأطواق (Collets).

تستخدم الأطواق عندما يتم تشغيل عمود إسناد أملس أو قطع مشغلة لقطر معين والتي تحتاج الى طريقة تثبيت أكثر دقة من التي توفرها طريقة التثبيت بثلاث أو أربع فكوك في ظرف منتظم. الأطواق عبارة عن وصلات أنابيب فولاذية رقيقة مشقوقة في ثلاث قطع طولية فوق حوالي ثلثي طولها (انظر الشكل رقم (a-14-4)). السطح الداخلي الأملس لنهاية الشق يُشكل بحيث يوافق القطعة التي سوف تثبت. السطح الخارجي عند نهاية الشق يكون مستدق والذي يتوافق داخل الطرف المستدق الداخلي لتجويف الطوق (*Collet Sleeve*)، الموضوع في تجويف عمود الدوران. عندما يتم سحب الطوق داخل عمود الدوران بواسطة قضيب سحب والذي يعشق أسنانه على النهاية الداخلية للطوق، فأن فعل الطرفين المستدقين سوف يضغط قطع الطوق سوية مسببة الإمساك بالقطعة المشغلة (الشكل رقم (b-14-4.

يتم عمل الأطواق لتوافق أشكال متناظرة ومتنوعة. أذا كان سطح العمود أملس ودقيق فأن الأطواق سوف تزود دقة تمركز، بحيث يجب أن يكون أقصى بعد عن النقطة المركزية (الانتحاء الأقصى) أقل من ("0.0005). على أية حال، فأن العمل يجب أن لا يكون أكثر من ("0.002) أوسع أو ("0.005) أصغر من الحجم الإسمي للطوق.



الشكل رقم (4- 14): a - الطوق b - طريقة تثبيت الطوق

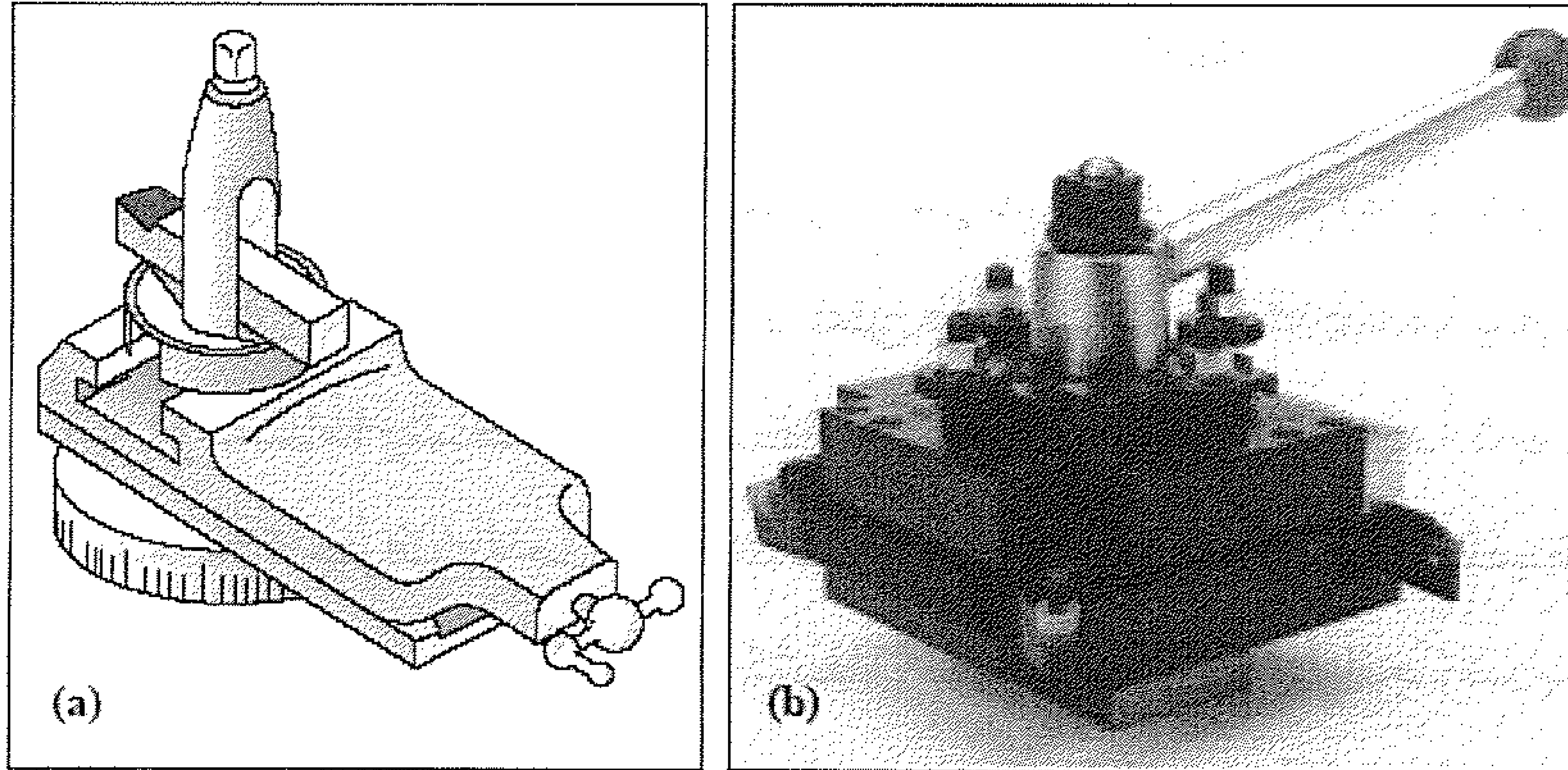
وعليه تستخدم الأطواق فقط لقضيب الثقب، السحب البارد، البثق، أو المادة المشغلة سابقاً. نوع آخر للطوق يمتلك مدى حجم حوالي ("1/8). شرائط رقيقة من الفولاذ المصلد تربط سوية على جوانبها بواسطة مطاط صناعي لتكوين مخروط مقطوع مع تجويف مركزي . يتوافق الطوق داخل تجويف عمود الدوران مستدق الطرف بحيث يكون هناك تماس بين الحافات الخارجية لشرائط المعدن مع طرف التجويف (*Sleeve*) الداخلي المستدق. الحافات الداخلية هي التي تتحمل ضد القطعة المشغلة. إن سحب الطوق داخل تجويف العمود يؤدي الى أن تمسك الشرائح بالقطعة المشغلة. بسبب مداها الحجمي الواسع، فأن القليل من هذه الأطواق مطلوبة عنها مع النوع الأولي.

2.4.4 وسائل تثبيت العُدة (Tool Holding Devices) .

إن أبسط شكل لمثبت أو موقع العُدة موضح في الشكل رقم (4-15-a) وهو ملائم لتثبيت عُدة إتصال مفردة. يقع تحت العُدة مباشرة كتلة منحنية مستندة على سطح كروي مقعر. تعطي هذه الطريقة من الإسناد وسيلة سهلة لميلان العُدة بحيث تكون زاويتها بالإرتفاع الصحيح لعملية التشغيل. في الشكل رقم (-a-15-4) يظهر بأن موقع العُدة (*Post*) موضوع على مركبة إسناد. المسند أو الحامل هو

منزلـق صـغير والـذي يسـتطيع أن يمسـك في أي موقـع زاوي في المسـتوي الأفقـي ويركـب على الراسمة العرضية للمخرطة (*Cross Slide*).

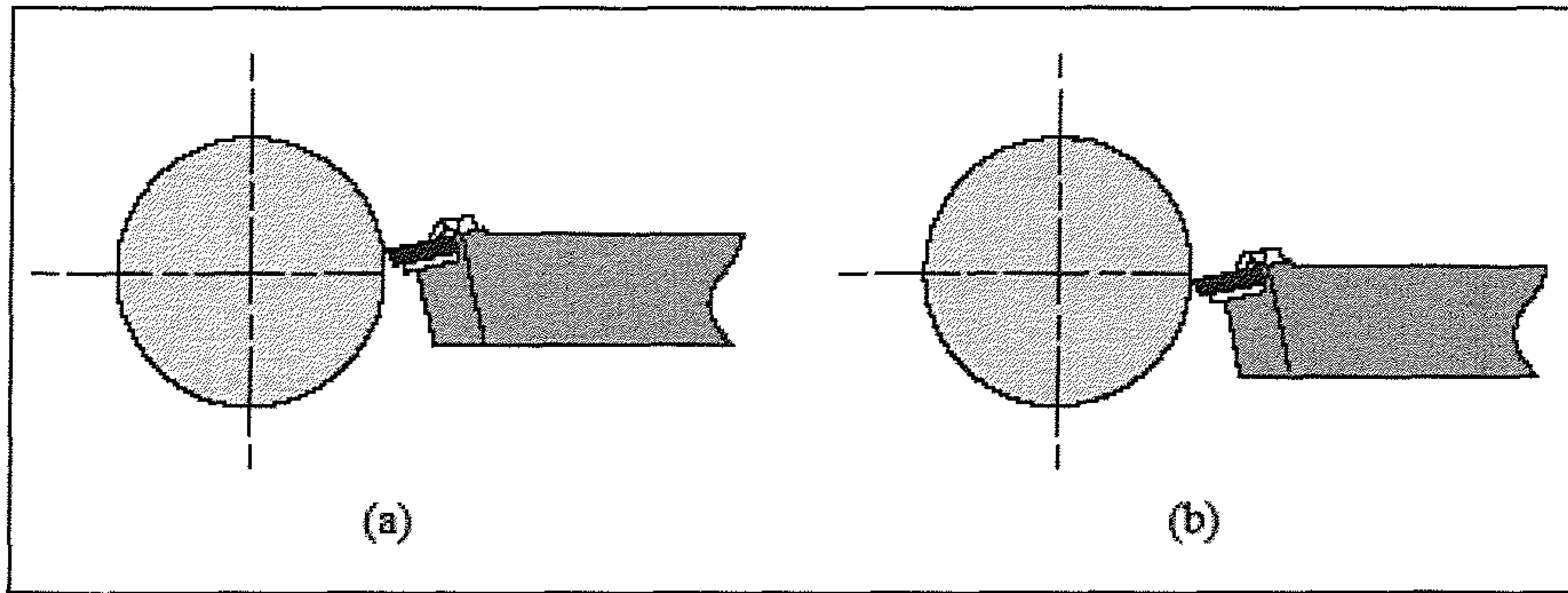
يسمح المسند المركب (*Compound Rest*) بتغذية العُدة يدوياً عند زاوية مائلة لفَرش المخرطة (*Bed*) وهذا مطلوب في عمليات معينة مثل تسنين اللوالب وتشغيل الأطراف المستدقة القصيرة والمشطوبة. الشكل الأخر الشائع لموقع العُدة هو البرج المربع (*Square Turret*) والموضح في الشكل رقم (4-15-b). البرج المربع موضوع أيضاً على مسند مركب. من خلال إسمه المقترح، يمكن أن يجهز بمثبت العُدة رباعي النقاط بأكثر من أربع عُدد قطع. أي عُدة قطع يمكن أن توضع بسرعة في مكانها بواسطة فتح مسند العدة بواسطة رافعة مجهزة تُدور مسند العُدة، وبعدها يُعاد التثبيت بواسطة الرافعة نفسها. جميع مثبتات العُدة القياسية مصممة لتقطع مع نقطة قطع تقع على الخط المركزي للماكنة والقطعة المشغلة. إذا كانت نقطة القطع لا تقع على الخط المركزي، كما موضح في الشكل رقم (4-16-a) فان ذلك يؤدي إلى إختزال زاوية الخلوص بين مثبت العُدة والقطعة المشغلة.



الشكل رقم (4- 15): a- موقع العدة للعُدد مفردة الإتصال

b- البرج المربع سريع التغير الذي يمسك أكثر من أربع عُدد

إن نقص الخلوص سوف يسبب إنخفاض عُمر العُدة ورداءة الإنهاء السطحي، وكذلك سوف يتم دفع القطعة المشغلة بعيداً عن العُدة عند العمل على أقطار صغيرة. من ناحية أخرى، إذا كانت حافة القطع موضوعة تحت الخط المركزي كما موضح في الشكل رقم (b-16-4)، فأن زاوية الجرف تصبح سالبة أكثر، وسوف تتولد قوى قطع عالية جداً والرايش سوف يكون لفة متماسكة، وفي هذه الحالة سوف يكون كسر اللُقمة سهل جداً وقطر القطعة المشغلة الصغير يمكن أن يتسلق فوق قمة العُدة ويمكن أن يتمزق من الماكنة.



الشكل رقم (4- 16):a - حافة القطع فوق خط مركز القطعة

b- حافة القطعة تحت خط مركز القطعة

على أية حال، في بعض الأحيان يكون تُحرك نقطة القطع بعيداً عن الخط المركزي يمكن أن يحل المشكلة. ومثالاً على ذلك في الحالات عندما يتم تشغيل أجزاء رقيقة أو عندما يشكل إصطكاك التحزيز العميق تهديداً ثابتاً حتى عندما تستخدم عُدة جرف موجب. لذلك فأن حركة العُدة بشكل طفيف فوق خط المركز (2٪- 4٪ لقطر القطعة المشغلة) سوف يغير زاوية الجرف بشكل قليل، وهذا في الخراطة سوف يختزل قوى القطع ويجعل الإصطكاك أقل خطورة.

تُوجد المقطوعات المتقطعة مشاكل خاصة، خصوصاً عند تشغيل قطع كبيرة القطر، فمن الأفضل وضع نقطة القطع تحت الخط المركزي بشكل

طفيف لتقديم اللُقمة موقع قطع أقوى. كذلك يجب إستخدام زاوية المقدمة كلما أمكن، حيث حركة النقطة القطع بشكل طفيف تحت الخط المركزي وإستخدام زاوية المقدمة تُمكن القطعة المشغلة بتماس العُدة على أقوى جزء للُقمة خلف المقدمة (*Nose*).

5.4 ظروف القطع (Cutting Condition) .

بعد أن يتم إختيار الماكنة وعُدة القطع لإجراء عملية تشغيل معينة، يجب أن تؤخذ ظروف القطع الرئيسية بنظر الإعتبار وهي :

1- سرعة القطع (Cutting Speed).

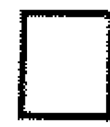
2- عمق القطع (Depth of Cut).

3- معدل التغذية (Feed Rate).

إن إختيار ظروف القطع هذه سوف يؤثر على إنتاجية عملية التشغيل بشكل عام، والعوامل التالية بشكل خاص وهي عُمر عُدة القطع، الإنهاء السطحي للقطعة المشغلة، الحرارة المتولدة في عملية القطع (التي تؤثر في الخراطة على عُمر العُدة والتكامل السطحي للأجزاء المشغلة)، وإستهلاك الطاقة .

1. سرعة القطع (Cutting Speed).

تُشير سرعة القطع إلى سرعة السطح النسبية بين العُدة والقطعة المشغلة معبراً عنها بوحدات (*feet/min*). ويمكن أن تتحرك القطعة المشغلة أو العُدة أو كلاهما أثناء القطع. بما إن الماكنة تصمم لتعمل بالدوران لكل دقيقة (*rpm*)، لذلك يجب تحويل وحدات القدم لكل دقيقة (*SFPM*) إلى وحدات (*rpm*) وصيغة التحويل هي :



$$SFPM = \frac{D \times pi \times rpm}{12} \qquad (1)$$

حيث إن:

D = قطر القطعة المشغلة أو العُدة الدوارة ($inch$).

Pi = النسبة الثابتة.

rpm = هي دالة لسرعة الماكنة بالدورات لكل دقيقة.

مثال1:

إذا كانت مخرطة تدور بسرعة (250 rpm) وكان قطر القطعة المشغلة ("5) فكم تكون سرعة المخرطة بوحدات ($SFPM$) ؟

الحل:

$$SFPM = \frac{D \times pi \times rpm}{12}$$

$$SFPM = \frac{5 \times 3.1416 \times 250}{12}$$

$$SFPM = 3270.25 \approx 327$$

مثال 2:

إحسب سرعة القطع بوحدات دورة/دقيقة لقطعة مشغلة قطرها ("4) وتدور بسرعة (350 $SFPM$).

الحل:

$$rpm = \frac{12 \times SFPM}{Pi \times D} = \frac{12 \times 350}{3.1416 \times 4}$$

$$rpm = 334.13 \approx 334$$

1. **عمق القطع** (Depth of Cut).

القطع متعلق بعمق حافة عُدة القطع الذي تصل إليه أثناء تعشقها بالقطعة المشغلة. يتم حساب عمق القطع ببعد خطي واحد لمساحة القطع. على سبيل المثال لإختزال القطر الخارجي (OD) لقطعة مشغلة بمعدل ("0.5) سوف يكون عمق القطع ("0.25).

2. **معدل التغذية** (Feed Rate).

إن معدل التغذية للخراطة التي تتم على ماكنة المخرطة هو التقدم المحوري للعُدة على طول الشُغلة لكل دورة للشُغلة معبراً عنها بوحدات إنج لكل دورة (IPR). وكذلك يُعبر عن التغذية بأنها المسافة المتنقلة في دقيقة مفردة أو (IPM). والصيغة الآتية تستخدم لحساب التغذية بوحدات إنج/دقيقة.

$$IPM = IPR \times rpm \quad (2)$$

تمتلك التغذية، السرعة، وعمق القطع تأثيراً مباشراً على الإنتاجية، عمر العُدة، ومتطلبات الماكنة. لذلك يجب أن يتم اختيار هذه العناصر بكل عناية لكل عملية. وسواء أكان المطلوب هو قطع خشن أو إنهاء سطحي سوف يمتلك تأثيراً كبيراً على ظروف القطع المختارة.

1.5.4 القطع الخشن (Roughing Cuts).

إن الهدف من وراء القطع الخشن هو إزالة قصوى للمعدن في أقل وقت مع إلتفاتة قليلة لعُمر العُدة والإنهاء السطحي. هناك عدة نقاط نذكرها عند إستخدام القطع الخشن، أولها هو إستخدام تغذية كبيرة لأن هذا الشيء يجعل الإستخدام الكفوء الأكثر للطاقة، مع الإتصال الأقل للعدة يميل لخلق إصطكاك أقل. هنالك بعض الإستثناءات في ذلك، حيث القطع الأعمق هو الأكثر تميزاً من التغذية الثقيلة، خصوصاً عندما تكون هنالك حاجة لعُمر عُدة أطول.

زيادة عمق القطع سوف يزيد عُمر العُدة أكثر من الزيادة في معدل التغذية، ولكن على المدى الطويل من ناحية تكوين الرايش بشكل عرضي وعملية بشكل أكبر فمن الأفضل إختيار معدل تغذية عنيفة . تفضل التغذية العنيفة أو القطع الأعمق للسرعة العالية لأن الماكنة تكون أقل كفاءة في هذه السرعات. عند تشغيل مواد شائعة، فأن عامل وحدة القدرة الحصانية (hp) يختزل في القطع نفسه، عندما تزداد سرعة القطع لقيمة حرجة معينة. ولكن عدم كفاءة الماكنة سوف يتغلب على أية ميزة عند تشغيل قطع ثقيلة .

الشيء الأكثر أهمية، هو إن عُمر العُدة يختزل بشكل كبير عند سرعات القطع العالية مالم يتم إستخدام عُدد كاربيدية مطيلية أو مواد حديثة أخرى، وهذه المواد أيضاً تمتلك حدود سرعة عملية. يقل معظم عُمر العُدة في السرعات العالية على الرغم من أن بعض الإنخفاض في عُمر العُدة يحدث عند زيادة التغذية أو عمق القطع، بسبب إزالة مادة كثيرة في وقت أقل.

يتم بعد ذلك الاختيار بين عمر العُدة الأطول أو زيادة في إزالة الخام، وبما إن الإنتاجية بشكل عام تفوق قيمتها تكاليف العُدة، لذلك تكون ظروف القطع الأكثر عملية هي الأكثر إنتاجاً أولا وثانياً تحافظ على عمر عُدة مقبول.

2.5.4 الإنهاء السطحي (Finishing Cuts) .

عند إجراء الإنهاء السطحي للمقطوعات يكون معدل التغذية وعمق القطع ذو إعتبار ثانوي. حيث معدل التغذية لا يمكن أن يتجاوز الحد الضروري للحصول على الإنهاء السطحي المطلوب إضافة إلى ذلك سوف يكون عمق القطع خفيف. على آية حال، فأن قاعدة السرعة لا تزال مطبقة هنا أيضاً، حيث تكون السرعات عالية عموماً لإنهاء المقطوعات لكنها يجب أن تبقى ضمن سرعة العمل لمادة العُدة. إن العمل الأكثر أهمية في إنهاء المقطوعات هو عُمر العُدة، حيث من الأفضل الحفاظ على عُمر عُدة طويل عند كلفة المادة المُزالة لكل دقيقة. إذا أمكن تقليل بلى العُدة خصوصاً على القطع الطويل، فيمكن عندئذ الحصول

على دقة أكبر، ومطابقة المقطوعات (*Matching Cuts*) التي تنتج من تغير العُدة يمكن تجنبها.

هنالك طريقة واحدة لتخفيض بلى العُدة أثناء الإنهاء وهو بإستخدام أقصى معدل تغذية والذي سوف يحفظ إنتاج إنهاء سطحي جيد. إن الوقت الأقل الذي تقضيه العُدة في القطع يمكن أن يقلل من بلى العُدة. طريقة أخرى لتقليل البلى أثناء الإنهاء السطحي الطويل هو بإختزال السرعة بشكل قليل. كذلك تعمل سوائل التبريد، الرذاذ، مجرى الهواء، على تحسين عُمر العُدة من خلال تقليل درجة الحرارة المتولدة من القطع .

6.4 الخراطة القاسية (Hard Turning) .

عند زيادة صلادة القطعة المشغلة، فأن قابلية تشغيلها سوف تنخفض ويصبح بلى العُدة والكسر إضافة إلى رداءة الإنهاء السطحي مشكلة كبيرة. وهنالك عِدة عمليات ميكانيكية أُخرى وطرق غير ميكانيكية لإزالة المادة إقتصادياً من المعادن الصلدة أو المصلدة. وعلى الرغم من ذلك فما زال بالإمكان إستخدام عمليات القطع التقليدية للمعادن والسبائك الصلدة بواسطة إختبار مادة عُدة مناسبة وماكنات ذات جساءة عالية وسرعة أعمدة دوران عالية . المثال الشائع هو تشغيل الإنهاء السطحي للفولاذ المعامل حرارياً حيث الماكنة والمركبات ذاتية الحركة تستخدم عُدد قطع من نتريد البورون المكعب متعدد البلورات (*PCBN*)، إذ تنتج هذه العملية أجزاء مشغلة ذات دقة أبعاد جيدة وإنهاء سطحي جيد وسلامة سطح المادة المشغلة من العيوب.

يمكن أن تتنافس هذه الطريقة بنجاح مع تجليخ نفس المركبات من منظور التقنية والإقتصاد. إعتماداً على بعض الحسابات فأن التجليخ هو أكثر تكلفة بعشرة مرات من الخراطة الصلدة. جعلت مواد عُدة القطع المتقدمة مثل نتريد البورون المكعب متعدد البلورات والسيراميك خراطة الفولاذ المصلد بديلاً للتجليخ من حيث الكلفة. ومقارنة بالتجليخ، فأن الخراطة القاسية :

1- سمحت بإستخدام معدل إزالة معدن أسرع والتي تعني دورة أوقات أقصر.

2- إزالة الحاجة لسوائل التبريد.

3- قصرت وقت التنصيب (*Setup*) وسمحت بإنجاز عمليات متعددة في ظرف واحد.

اليوم مخارط (*CNC*) تقدم دقة إنهاء سطحي تقارن مع تلك الموجودة في ماكنات التجليخ. تتطلب الخراطة الصلدة طاقة أقل بكثير من التجليخ. إحتمالية حصول ضرر حراري للقطعة المشغلة قليل، وسوائل التبريد ربما تكون غير ضرورية للإستخدام وعُدد الماكنة هي أقل كلفة. بالإضافة إلى إمكانية إنهاء الجزء بينما لا يزال مقبوض عليه في المخرطة يستبعد الحاجة لمسك المادة ووضع الجزء في الجلاخة .

وسائل تثبيت الشُغلة للقطع الواسعة والنحيفة للخراطة الصلدة يمكن أن توجد مشاكل لان قوى القطع أعلى منها في التجليخ. فضلاً عن ذلك فأن بلى العُدة والسيطرة عليه يمكن أن يكون مشكلة هامة عند مقارنتها بالتسوية الأوتوماتيكية لدواليب التجليخ (Automatic Dressing).

7.4 التشغيل الجاف والرطب (Dry vs. Wet Machining) .

قبل عقدين مضت كانت سوائل القطع تقدر بأقل من (3٪) من كلفة معظم عمليات التشغيل. كانت السوائل رخيصة بحيث القليل من ورش العمل أعطتها الإنتباه الكبير. ولكن اليوم أصبحت سوائل التبريد تمثل (15٪) من كلفة إنتاج الورش. سوائل التبريد وخصوصاً تلك المتضمنة الزيت، أصبحت مسؤولية قانونية كبيرة ليس فقط لأن وكالة حماية البيئة (*EPA*) منتظمة التخلص من هكذا مواد، ولكن الكثير من البلدان والجهات صنفتها كذلك كنفايات خطرة وفرضت قوانين صارمة على تلك المتضمنة الزيت وبعض السبائك

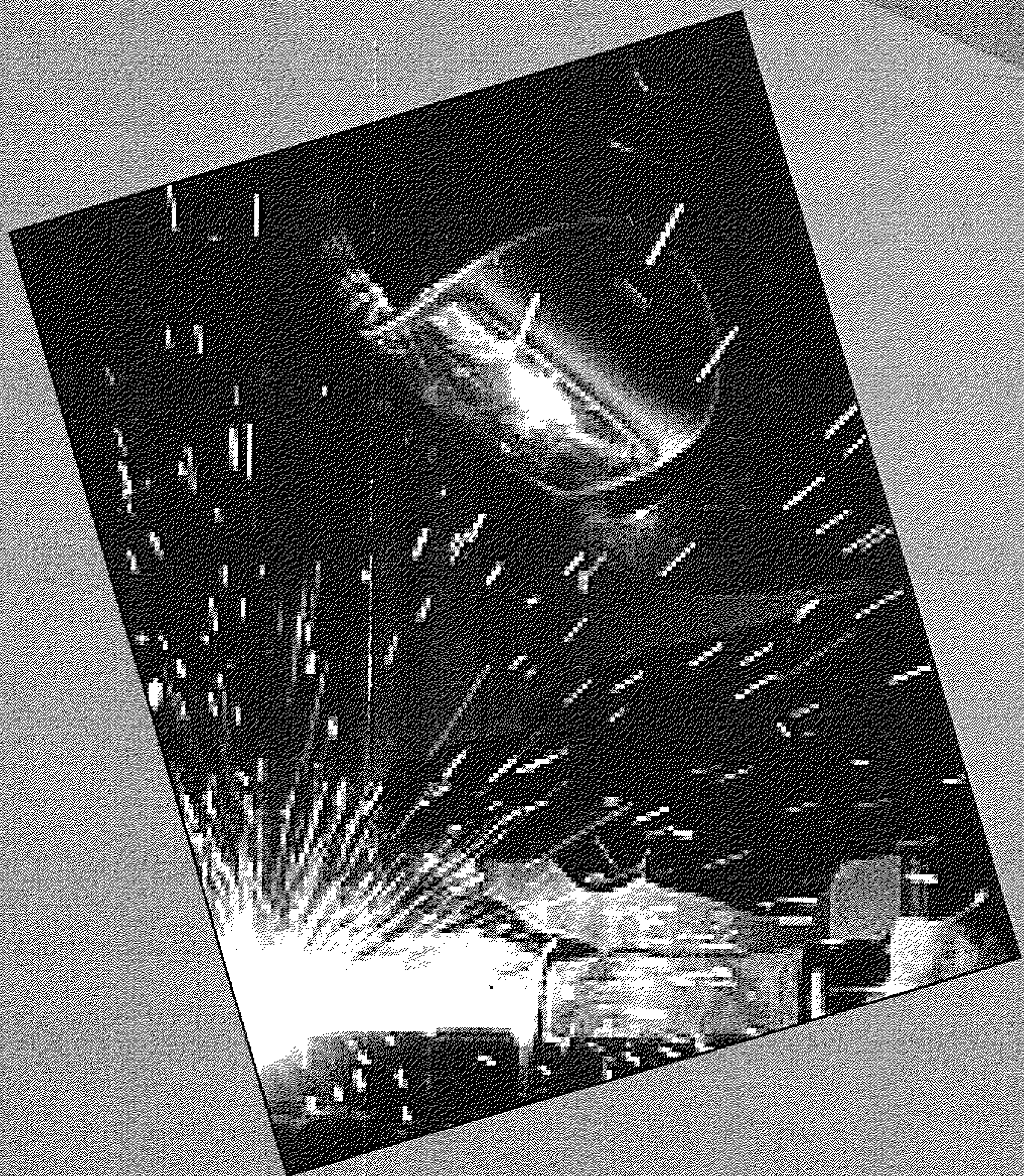
المعينـة. بسـبب كـون العديـد مـن عمليـات التشـغيل ذات السـرعات العاليـة ونفاثـات السـوائل تخلـق رذاذاً منقـول جـواً ، فقـد حـددت الهيئـات الحكوميـة كميـة رذاذ سائل القطع المسموح به داخل الهواء. وكالة حماية البيئة فرضت قياسـات صـارمة للسيطرة علـى هـكـذا جسيمات منقولـة جـواً ، كـل هـذه القـوانين أدت إلى إرتفـاع أسعار سوائل القطع .

وبنـاءاً علـى ذلـك إضـطرت الكـثير مـن ورش التشـغيل إلى إسـتبدال القطـع الرطـب بمـا يتضـمنه مـن كلـف عاليـة بـالقطع الجـاف. إن قـرار إسـتخدام القطـع الرطـب أو الجـاف يتم إتخـاذه حسـب الحالـة المشـغلة. سـوائل التزييـت غالبـاً سـوف تُحسن الفائـدة في إعمـال السـرعات الواطئـة ، مـواد التشـغيل القاسـية ، التطبيقـات الصعبة ، وعندما تكـون هنالك حاجة للإنهاء السطحي. السائل الذي يمتلك قـدرة تبريد عالية يستطيع تحسـين الإنجاز في السـرعات العاليـة ، المـواد سـهلة التشـغيل، العمليـات البسـيطة ، والأعمـال المعرضـة لمشـاكل حـد القطـع الناشـئ أو ممتلكـة سماحات أو تفاوتات ذات مدى ضيق جداً.

الفصل الخامس

طرق وماكنات الخراطة

Turning Method and Machines



5

الفصل الخامس

طرق وماكنات الخراطة

Turning Method and Machines

1.5 المقدمة (Introduction) .

ماكنة الخراطة الأساسية التي هي واحدة من أكثر آلات التشغيل استعمالاً، هي متعددة الأغراض عندما يتم استعمالها من قبل عامل يمتلك الخبرة. ولكنها غير كفوءة في تشغيل الأجزاء المتماثلة التي يراد تشغيلها بسرعة. في العام (1850) كانت هنالك جهود لتطوير محرك مخرطة يمكن أن يشغل بواسطة كادر غير ماهر نسبياً لإنتاج أجزاء مشغلة كثيرة. عُدد القطع الموجودة أو المنصوبة بواسطة العامل الماهر، وعادة تكون هذه العُدد كثيرة وتعمل عند نفس الوقت، إختزلت الوقت المصروف في تشغيل كل جزء. هذا الشيئ هو الأساس الذي تستند عليه أنواع المخارط ذات الإنتاج الكبير.

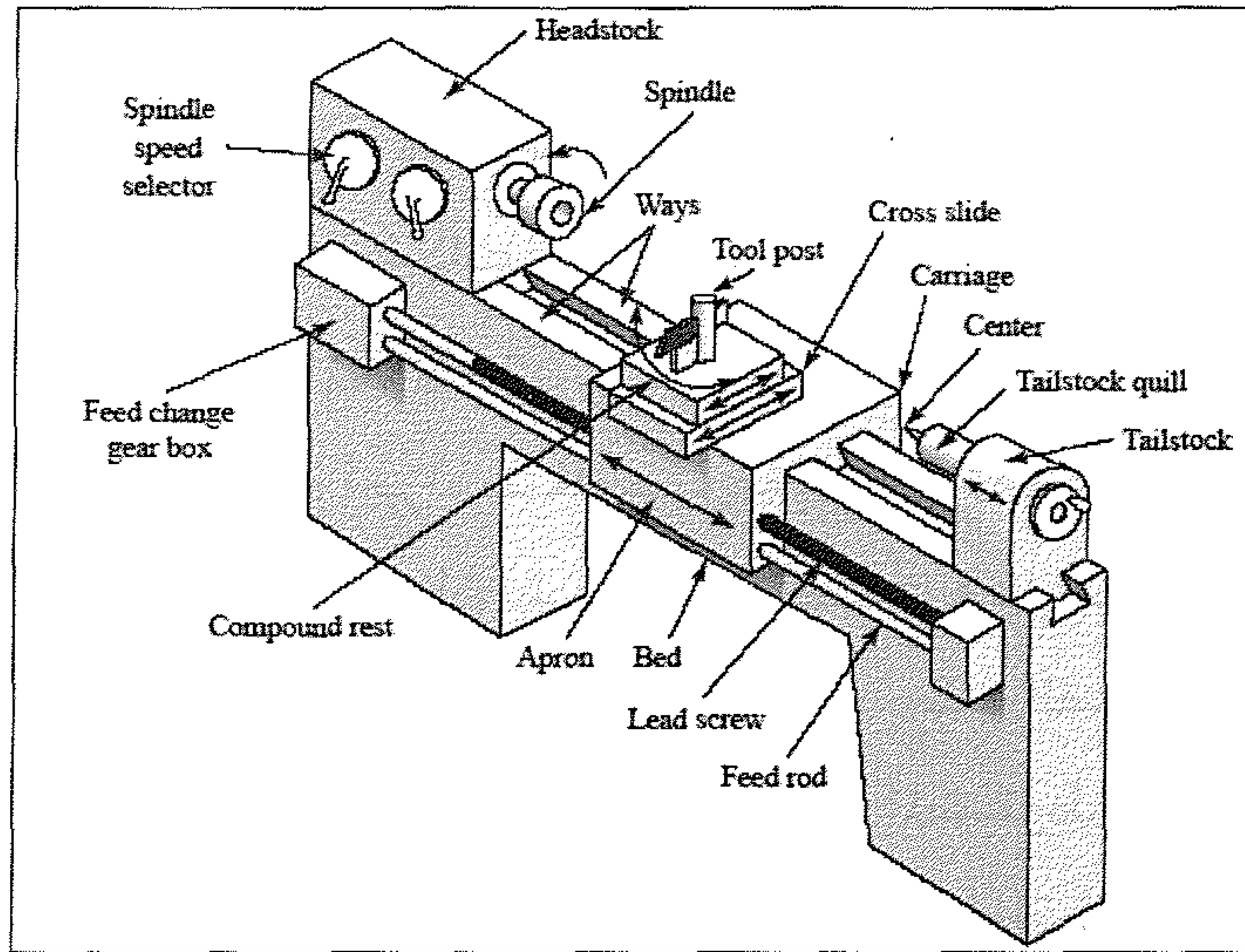
تم تحسين وتطوير المخرطة البرجية والماكنة اللولبية الآلية في أشكالها المتنوعة لتلائم أهداف إنتاج أجزاء مشغلة بسرعة أكبر ودقة أعلى وبكلفة أقل. إن القدرة المتوفرة في عمود الدوران على معظم ماكنات هذا النوع تزداد بشكل كبير لتأخذ إمكانية أفضل عُدة قطع ممكنة. لقد حلت القدرة الميكانيكية في أشكالها الكهربائية، الهيدروليكية، والهواء المضغوط بدلاً عن القدرة العضلية للإنسان في عمليات تغذية العُدد، ظروف أو أطواق التشغيل، ومقبض قضيب التغذية في الماكنة.

2.5 المخارط ومركبات المخرطة (Lathes & Lath Components) .

من بين الأنواع العديدة القياسية والخاصة بماكنات الخراطة العادية (*Turning*) التي بُنيت والأكثر أهمية وتنوعاً في الإستخدام والمميزة بشكل واسع

هي ماكنة المخرطة *Lathe (Engine)*. إن آلة المخرطة القياسية ليست آلة إنتاج عالي، ولكنها يمكن أن تكون مستعدة لتشغيل أعمال عديدة ذات قطعة واحدة أو تشغيل قصير.

كذلك يمكن تعديل الماكنة الأساسية لتطبيقات الإنتاج الأعلى تزود ماكنة المخرطة الحديثة بمدى واسع من السرعات والتغذيات والتي توفر الأوضاع المثالية لأي عملية تقريباً. لقد كان هنالك تحسينات في تصميم الغراب الثابت لإعطاء مقاومة وثباتية أكبر، وهذا الشيء يسمح بإستخدام مولدات قدرة حصانية عالية بحيث يصبح القطع للمقطوعات الثقيلة بالعُدد الكاربيدية عملي بشكل أكبر. وللإرتفاع بهذه القدرة العالية بدون فقدان الدقة، فأن المخارط الجديدة تضم فَرش أثقل ، سكك مصلدة أوسع، وكريات مقطعها أعمق. الشكل رقم (5- 1) يوضح مكونات المخرطة .



الشكل رقم (5- 1): رسم تخطيطي لماكنة مخرطة قياسية مع مكوناتها

وفيما يلي توضيح لهذه المكونات :

1. **الغراب الثابت** (Head Stock) .

الغراب الثابت هو جزء الطاقة في المخرطة ويقع دائماً على يسار المشغل، ويضم تروس تغير السرعة وعمود الدوران والقيادة والذي يمسك أي نوع من الأنواع العديدة لماسكات الشُغلة. يكون مركز عمود الدوران مجوف بحيث يمكن وضع قضبان طويلة خلاله ليتم تشغيلها.

2. **الغراب المتحرك** (Tail Stock).

الغراب المتحرك هو جزء غير دوار ولكن يمكن أن يتحرك على السكك المصلدة لليمين واليسار لتعديل طول الشُغلة، كذلك يمكن أن يحيد (*Offset*) لقطع الأطراف المستدقة صغيرة الزاوية.

3. **العربة** (Carriage).

يمكن أن تتحرك العربة يميناً أو يساراً وبتغذية يدوية أو آلية. وتزود هذه التغذية الحركة على طول المحور (Z)، أثناء هذه الحركة يتم عمل مقطوعات الخراطة.

4. **واجهة العربة** (Apron).

وتسمى أيضاً وقاء الترس، حيث تمسك بجبهة العربة ويمسك معظم عتلات السيطرة، وتتضمن العتلات التي تعشق وتعكس التغذية الطولية (محورZ) أو العرضية (محورX) والعتلات التي تعشق تروس التسنين.

5. **الراسمة العرضية** (Cross Slide).

الراسمة العرضية مركبة على العربة ويمكن أن تتحرك داخل أو خارج المحور (X) عمودياً على حركة العربة. وهذا الجزء يتحرك عندما يتم تسوية المقطوعات مع تغذية أوتوماتيكية، أو عند أي وقت يجب أن يصنع القطع مربع مع محور (Z). الراسمة أو المركبة تستخدم كذلك لتثبيت عمق القطع عند الخراطة. ويمكن أن تتحرك الراسمة بتغذية يدوية أو آلية.

6. **الراسمة الطولية** (Compound Reset) .

الراسمة الطولية مثبتة على العربة فوق الراسمة العرضية ، ويمكن أن تتحرك للداخل والخارج يدوياً للتسوية أو لتثبيت عمق القطع. يمكن أن تدور الراسمة الطولية بزاوية (360°) وتغذى يدوياً بأية زاوية. لا تمتلك الراسمة الطولية أية تغذية آلية ولكنها تتحرك دائماً بشكل طولي مع الراسمة العرضية والعربة.

7. **مُثبت العُدة** (Tool Post).

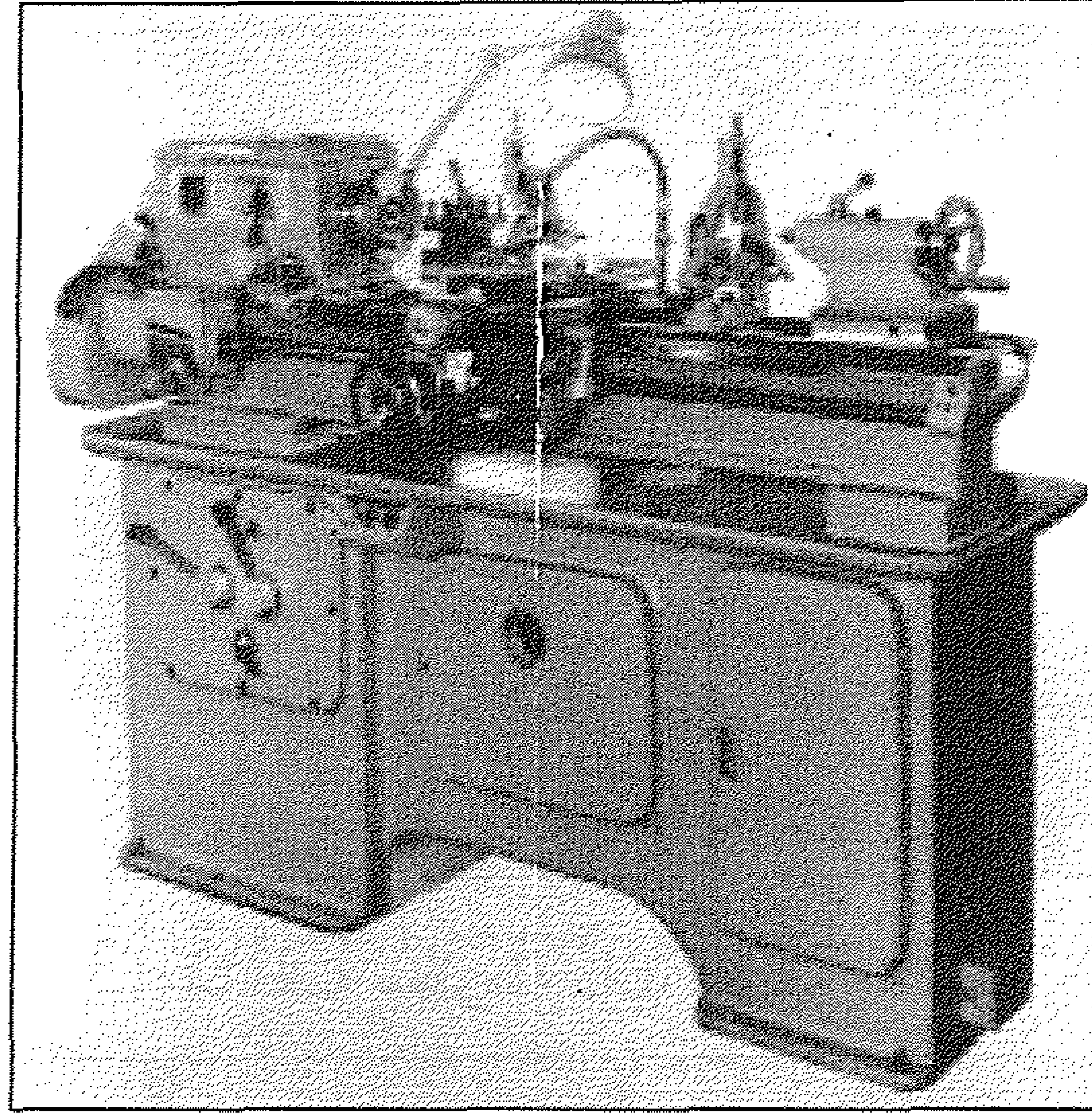
يتم تركيب مثبت العُدة على الراسمة الطولية. ويمكن أن يكون بأشكال متنوعة والشكل البسيط له عبارة عن اسطوانة مشقوقة والتي يمكن أن تتحرك يساراً أو يميناً في شق على شكل حرف (*T*) في الراسمة الطولية ويثبت في مكان معين. يمكن لمثبت العُدة أن يدور لكي يُقدم القاطع عند أية زاوية للقطعة المشغلة والتي هي الأفضل للعمل.

8. **الفَرش** (Bed).

فَرش أو جسم المخرطة وهو بمثابة العمود الفقري لها. يجب أن يكون الفرش ثابت بشكل كافي ليقاوم الانحراف في أي اتجاه تحت ظروف التحميل. يصنع الفرش من حديد الزهر أو الفولاذ الملحوم بشكل صندوق أو على شكل عتبة بشكل (*I*)، ويستند على أرجل أو مصطبة.

9. **السكك** (Ways).

سكك المخرطة هي سطوح مسطحة أو بشكل حرف (*V*) يتحرك عليها كل من العربة والغراب المتحرك يساراً ويميناً. كل مخرطة تحتوي على زوجين من السكك المنفصلة ، غالباً احدها يكون مسطح أو منبسط للآستقرارية والثاني بشكل (*V*) للتوجه في خط مستقيم تماماً. يتم تصليد هذه السكك وتقشط أو تشحذ لتفاوتات النهائية. تعتمد الدقة الأساسية لتحرك العربة على السكك. الشكل رقم (5- 2) يوضح ماكنة خراطة نموذجية.



الشكل رقم (5- 2): ماكنة مخرطة نموذجية مع صينية المخرطة، برج مربع، الساند ومسند أو راسمة مستقرة

10. الحجم (Size).

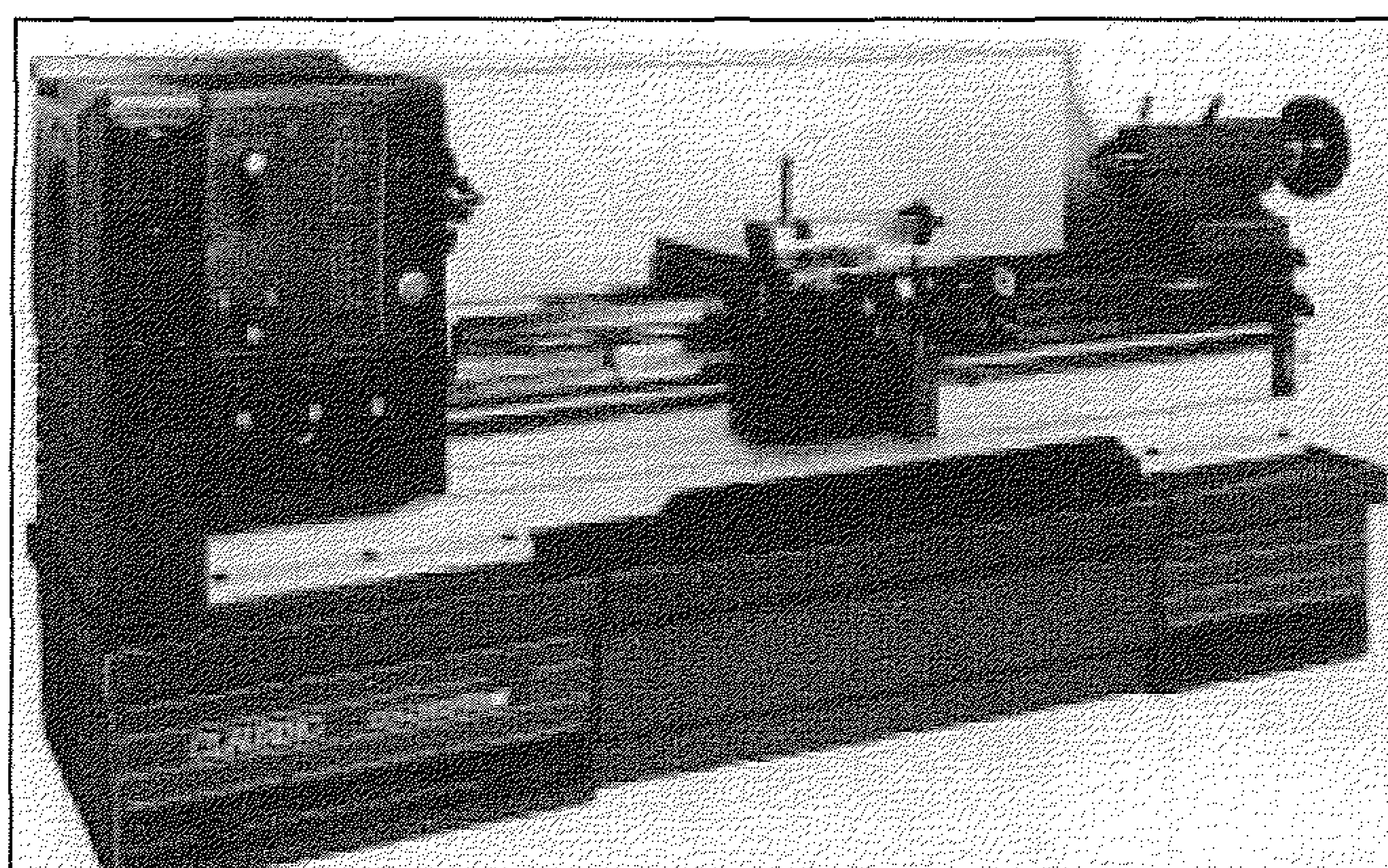
يُحدد حجم ماكنة المخرطة بواسطة إثنين أو ثلاثة أبعاد ثابتة هي :

1- قطر القطعة المشغلة الأوسع الذي سوف يحدد فرش المخرطة. المركز هو مركز عمود دوران الغراب الثابت.

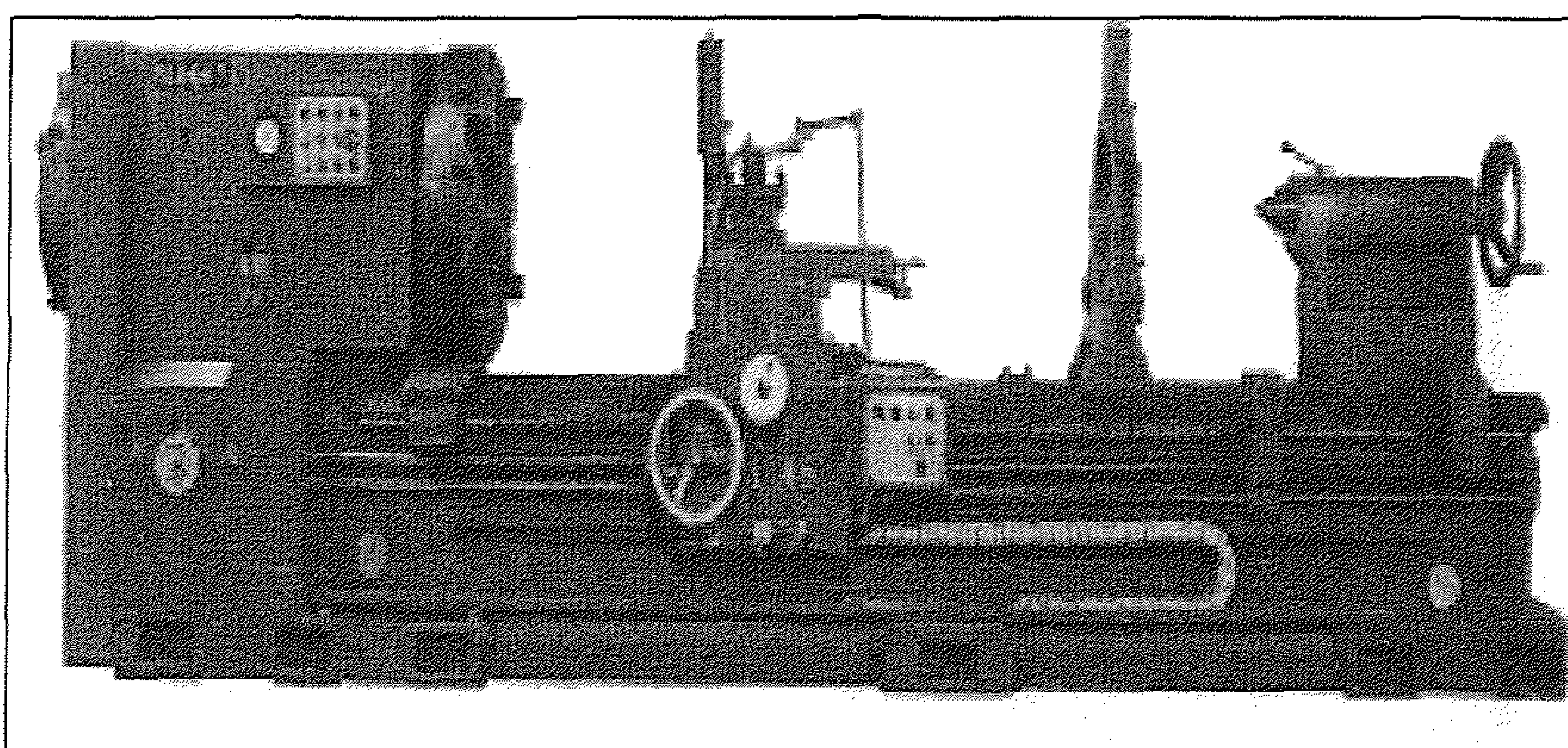
2- قطر القطعة المشغلة الأوسع الذي سوف يحدد الراسمة العرضية والذي في بعض الأوقات أيضاً ثابت.

3- القطعة المشغلة الأطول والتي يمكن أن يتم إمساكها بين المراكز بين الغراب الثابت والمتحرك.

الشكل رقم (5- 3) يوضح مخرطة واسعة مع تفاصيل كثيرة. أما الشكل رقم (5- 4) فيوضح مخرطة ("40) واسعة مع مسند أو راسمة مستقرة.



الشكل رقم (5- 3): ماكنة مخرطة ذات سرعة مختلفة "18 متعددة



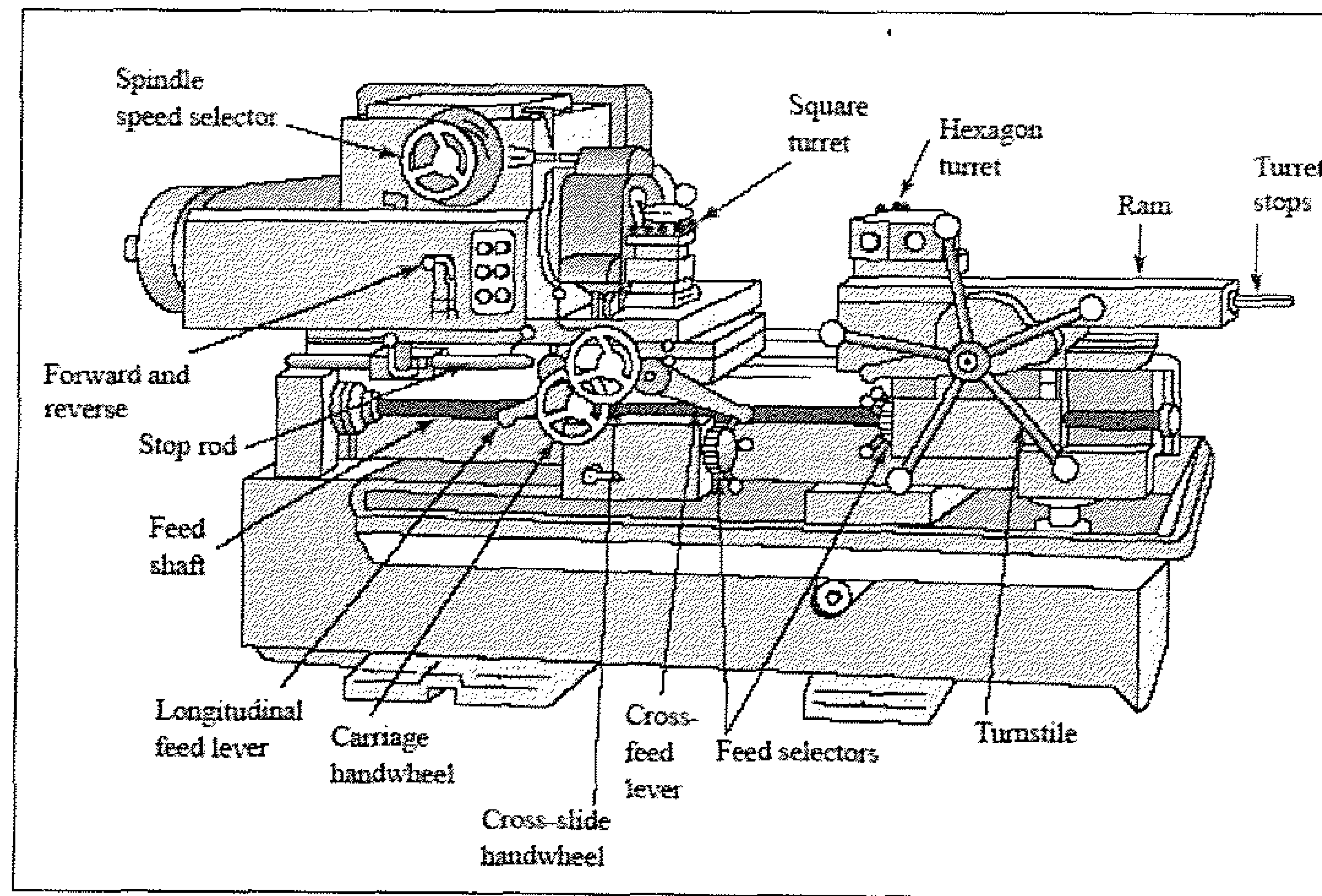
الشكل رقم (5- 4): مخرطة "40 مع راسمة مستقرة تستخدم لتشغيل الأجزاء الإسطوانية الواسعة

3.5 المخرطة البرجية (Turret Lathe) .

تكون ماكنة المخرطة القياسية متعددة الأغراض ولكنها ليست آلة إنتاج واسع. عندما تكون متطلبات الإنتاج عالية، ففي هذه الحالة يجب استعمال آلات خراطة ذاتية الحركة أكثر. المخرطة البرجية تمثل الخطوة الأولى من ماكنة المخرطة باتجاه آلات خراطة واسعة الإنتاج. تشبه المخرطة البرجية ماكنة المخرطة ماعدا أبراج تثبيت العُدة حلت مكان الغراب المتحرك ومركبة موقع العُدة

مجتمعة . هذه الآلات تمتلك ميزات خاصة متكيفة مع الإنتاج ." مهارة العامل " بُنيت في هذه الآلات جعلت من الممكن للمشغلين قليلي الخبرة إعادة إنتاج الأجزاء المتطابقة. وبالنقيض عن ذلك، ماكنة المخرطة تتطلب مشغل ماهر وتحتاج الى وقت أكثر لإنتاج الأجزاء التي تمتلك نفس الأبعاد.الصفة الأساسية للمخارط البرجية هي إن الأدوات اللازمة للعمليات المتتابعة تنصب للاستخدام في تسلسل دقيق.

برغم إن الخبرة مطلوبة لنصب وتعديل الأدوات بدقة، ذلك صحيح، إلا انه خبرة اقل تتطلب لتشغيل المخرطة البرجية. من الضروري إنتاج العديد من الأجزاء قبل إجراء أي تعديل في الأدوات. تستخدم هذه الآلات بشكل اعتيادي لدورات الإنتاج الصغيرة والمتوسطة حيث يرجع السبب الى بطئ ماكنة المخرطة ولكن معدل الإنتاج الإضافي لا يضمن الماكنة الخاصة رغم ذلك. الشكل رقم (5- 5) يوضح رسم تخطيطي لمركبات المخرطة البرجية.



الشكل رقم (5- 5): رسم تخطيطي يوضح مكونات المخرطة البرجية

هنالك نوعين من الأبراج التي تثبت فيها العُدد في المخرطة البرجية هي :

1. الأبراج المربعة (Square Turrets).

يثبت البرج المربع على قمة الراسمة العرضية وهو قادر على مسك أربعة عُدد في آن واحد. إذا كانت هنالك حاجة لاستخدام عدة عُدد مختلفة، فأنه يتم تنصيبها في سلسلة وفي الإمكان ترتيبها وتثبيتها في موقع العمل الصحيح بسرعة. لذلك يمكن أن تتضاعف المقطوعات وبالإمكان أيضاً تزويد الراسمة العرضية بمحددات حركة (*Positive Stopes*) أو مشاوير تغذية *Trips* (*Feed*). إضافة إلى ذلك يمكن السيطرة على الموقع الطولي لكامل المجموعة أيضاً بواسطة محددات حركة على الجانب الأيسر لواجهة العربة (*Apron*). يمكن إنجاز عملية القطع مع عُدد البرج المربع ومع عُدد البرج السداسي في آن واحد.

2. الأبراج السداسية (Hexagon Turrets).

ويحل البرج السداسي محل الغراب المتحرك. يوضع هذا البرج أما على تمساح منزلق (*Sliding Ram*) أو على السرج (*Saddle*) أو على مؤخرة الهيكل، ويحمل مواضع عُدة تتراوح من (4- 8). هذه العُدد تنجز العمليات المتنوعة من التشغيل. تُركب العُدد في شكل سلسلة مناسبة على وجوه البرج المختلفة، بحيث انه عندما ينتقل البرج بين عمليات التشغيل تقوم العُدد المناسبة بالتعشق في مواضعها المناسبة لها. هنالك لكل عُدة لولب توقف أو محول كهربائي/ الكتروني يعمل على السيطرة على مسافة العُدة التي تغذي وتقطع.

عندما تصل هذه المسافة الى الحد المطلوب، تقوم كتلة المشوار الأوتوماتيكية بإيقاف الحركة الإضافية للعُدة بواسطة فك تعشيق القابض (*Drive Clutch*). تُزود المخرطة البرجية الحديثة مثلما هو الحال مع ماكنة المخرطة، بسرعات عمود دوران سريعة، مديات سرعة وتغذية واسعة، قدرة عالية وثباتية كبيرة. الماكنة تشغل في أعلى نهاية لمدى سرعتها أكثر من ماكنة المخرطة، والسبب يعود الى حد ما إن الأدوات الموضوعة في البرج تعمل على أقطار

صغيرة للشغلة، ولكن يعود السبب كذلك إلى إن المشغل يكون أكثر وعي إنتاجياً.

1.3.5 المخارط البرجية الأفقية (Horizontal Turret Lathes).

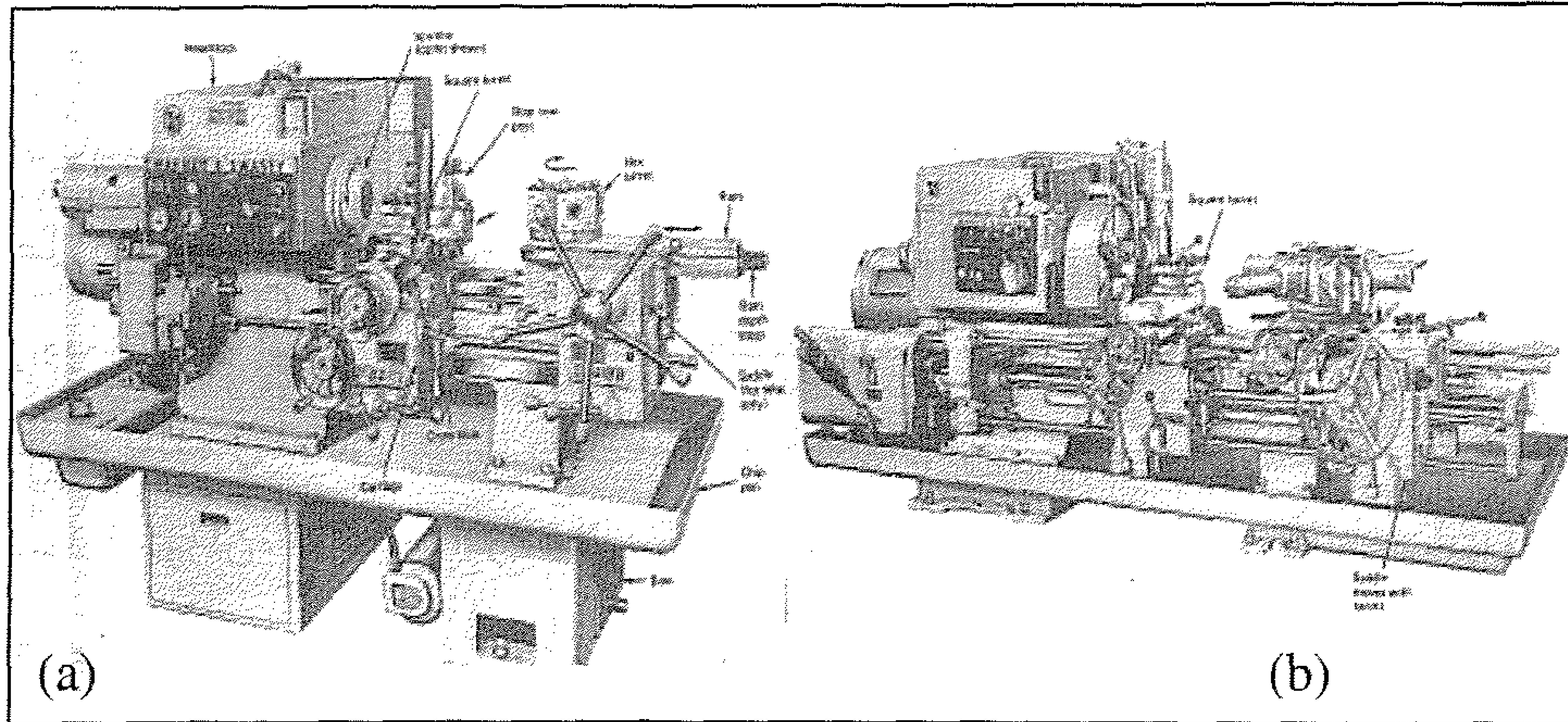
هنالك نوعان من المخارط البرجية الأفقية هما :

1- **مخرطة التمساح البرجية** (Ram Turret Lathe).

موضحة في الشكل رقم (4-6-5)، تمتلك هذه المخرطة برج موضوع على منزلق أو تمساح والذي يتحرك للأمام والخلف على السرج (*Saddle*) المثبت على فَرش المخرطة ويحتوي على برج سداسي .

2- **مخرطة العربة البرجية** (Saddle Turret Lathe).

تمتلك مخرطة العربة البرجية برج مثبت بشكل مباشر على السرج الذي يتحرك للأمام والخلف مع البرج. يحتوي البرج على أربعة عُدد (برج مربع). الشكل رقم (5-6-b) يوضح مخرطة العربة البرجية.

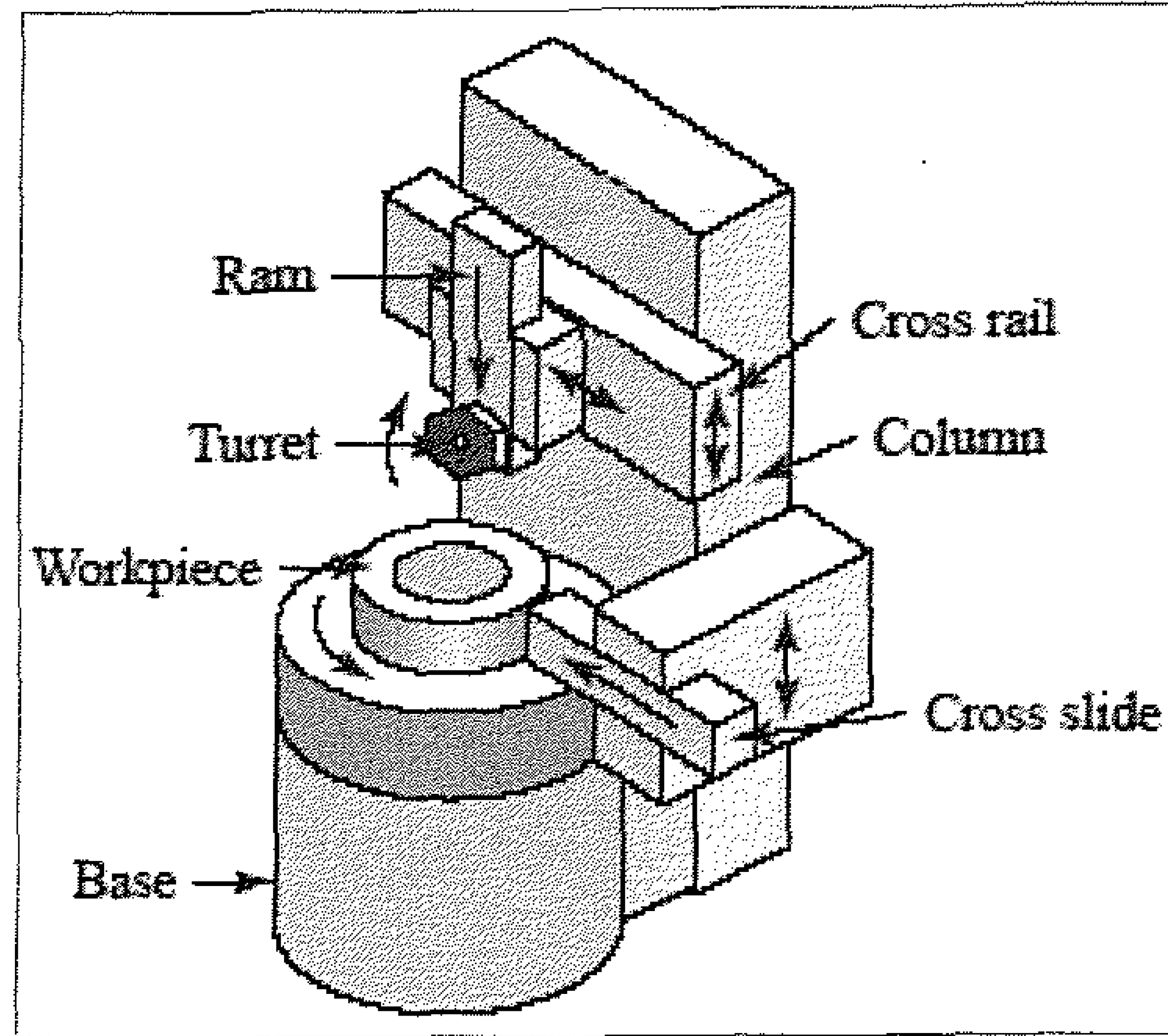


الشكل رقم (5- 6):a . مخرطة التمساح البرجية b. مخرطة العربة البرجية

2.3.5 المخارط البرجية العمودية (Vertical Turret Lathes).

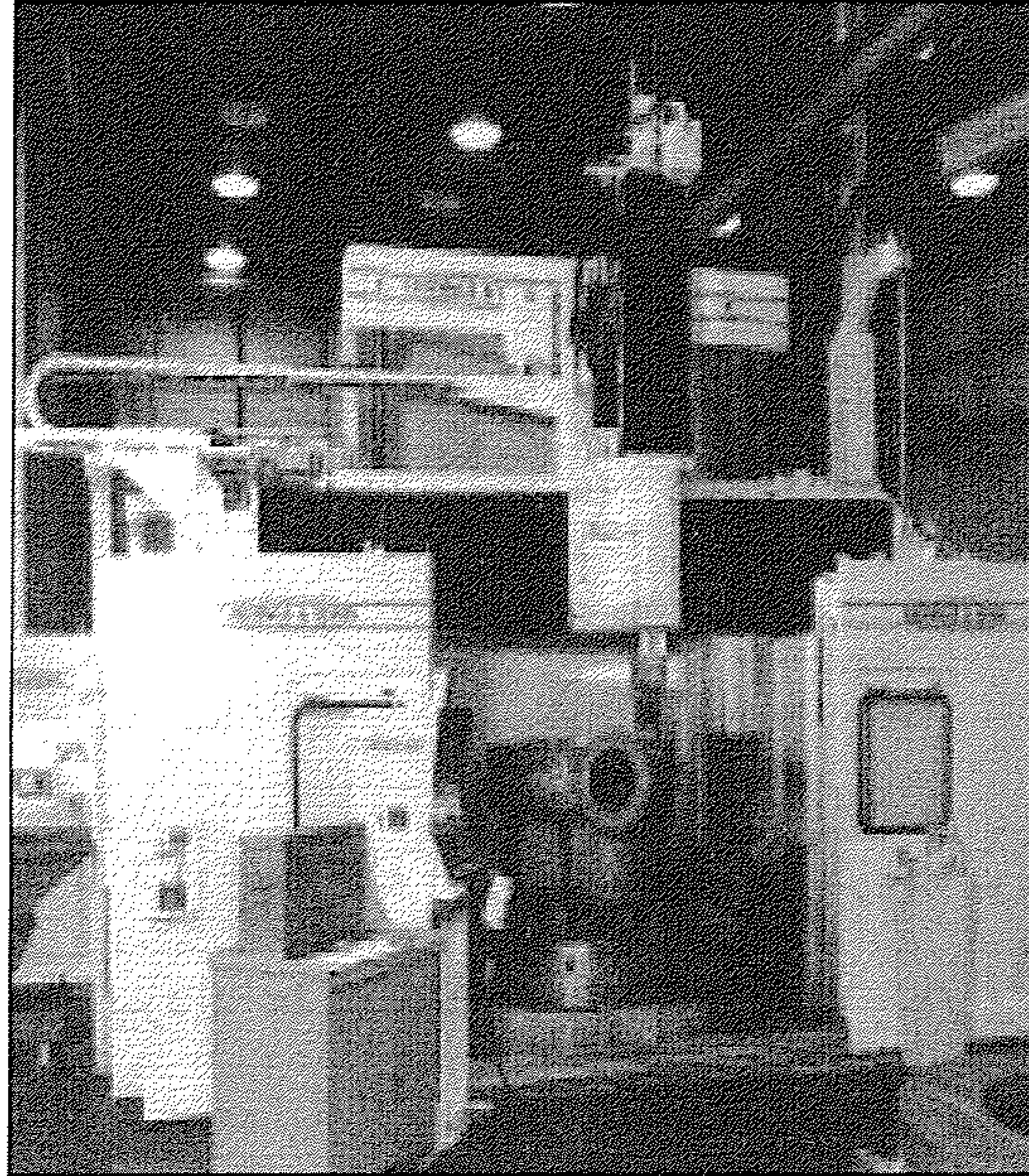
تشــبه المخرطــة البرجيــة العموديــة ماكنــة التثقيــب العموديــة (*Vertical Boring Mill*) ولكنها تمتلك برج مميز منظم لامساك العُدد. تحتوي على ظرف دوار أو منضدة في الوضع الأفقي مع البرج مثبت لفوق على القضيب المستعرض (*Cross Rail*). إضافة الى ذلك، هنالك على الأقل رأس جانبي واحد يزود مع البرج المربع لامساك العُدد. جميع العُدد التي تثبت على البرج أو الرأس الجانبي تمتلك محددات موضعية خاصة بها، بحيث إن طول القطوعات يمكن أن يكون نفسه في دورات التشغيل الناجحة. من حيث التأثيرات فأنها نفسها كما في المخرطة البرجية القائمة على نهاية الغراب الثابت، وتمتلك جميع الميزات الضرورية لإنتاج الأجزاء المزدوجة. طورت هذه الماكنة في الأصل لتسهيل التثبيت، المسك، وتشغيل الأجزاء الثقيلة واسعة القطر. ينجز في هذا النوع من الماكنات فقط عمل التظريف (*Chucking Work*).

المخرطة البرجية العمودية الموضحة في الشكل رقم (5- 7) تزود برأسان قاطعان هما رأس البرج الرئيسي الدوار والرأس الجانبي. وظيفة الرؤوس البرجية والجانبية هي نفسها كما في الأبراج السداسية والمربعة على المخرطة الأفقية. ومن أجل التزويد بزاوية قطع فأن كل من رؤوس التمساح والبرج يمكن أن تدور بزاوية (30°) ليمين ويسار المركز. كذلك يمكن تزويد هذه الماكنة بسيطرة تسمح بالعمل الآلي لكل رأس متضمنة معدل واتجاه التغذية، التغير في تغذية عمود الدوران، تقسيم البرج، البدء والتوقف. ما إن يتم ضبط دورة العمليات يُعاد تنصيبها ويتم تعديل العُدد. فأن المشغل يحتاج فقط الى تحميل الماكنة وإفراغها إضافة الى تشغيلها.



الشكل رقم (7- 5): المخرطة البرجية العمودية مزودة برأسان قاطعان

إن معدل الإنتاج يزداد على الماكنات المشغلة يدوياً، لأنها تعمل بشكل مستمر وتصنع التغيرات من عملية إلى أخرى بدون توقف أو كلل. وبإختزال زمن المعالجة، وجعل الدورة آلية ، فأن المشغل يمكن أن يتعامل مع أكثر من ماكنة واحدة في نفس الوقت. تمتلك المخرطة البرجية بشكل إعتيادي على ظرف فكي لمسك القطعة المشغلة، إضافة لذلك يمكن أن يكون إستخدام الأطواق أكثر ملائمة عند إنتاج أجزاء من خام قضيبي . تجهز ماكنات الخراطة بطوق وبرج وفي هذه الحالة تسمى ماكنات اللولبة *Machines (Screw)*)، ولكنها في الحقيقة ماكنة برجية خاصة. الميزات الخاصة لماكنات اللولبة إنها تساعد أساسياً بإختزال زمن التعطل (*Idle Time*)، على الأجزاء قيد التشغيل، وبذلك تزداد قابلية التشغيل. الشكل رقم (5- 8) يوضح مركز خراطة ذنبة عمودي لتشغيل جزء ثقيل. (*Vertical Turning Center*).



الشكل رقم (5- 8): مركز خراطة عمودي (ذنبة المخرطة) لتشغيل جزء ثقيل

3.3.5 مزايا المخارط البرجية (Advantages of Turret Lathes) .

إن الفرق بين ماكنات المخارط والمخارط البرجية هو إن المخرطة البرجية متكيفة للعمل الإنتاجي الكمي، بينما ماكنة المخرطة تستخدم بشكل أساسي للأعمال المتنوعة، الورشة، العمل مفرد العملية . مزايا المخرطة البرجية التي تجعلها ماكنة أنتاج كمي هي :

1- العُدد يمكن أن تنصب في البرج بتسلسل مناسب لعملية التشغيل.

2- كل موقع عُدة يُزود بمحدد تغذية أو مشوار تغذية بحيث كل قطع تقوم به العُدد يشابه القطع السابق له.

3- القطوعات المتعددة يمكن أن تنجز من نفس الموضع (*Station*) عند نفس الوقت مثل أثنين أو أكثر من مقطوعات الخراطة و/أو التثقيب.

4- القطوعات المجتمعة (*Combined Cut*) يمكن أن يتم عملها، حيث العُدد الموضوعة على الراسمة العرضية يمكن أن تستخدم بنفس الوقت الذي عنده العُدد على البرج سوف تقوم بالقطع أيضاً.

5- الثباتية في مسك الشُغلة والعُدد بنيت ضمن الآلة للسماح بانجاز قطوعات متعددة ومتنوعة.

6- يمكن للمخارط البرجية أن تمتلك ملحقات للخراطة المستدقة الأطراف (*Taper Turning*)، تمشيط السن ومضاعفته، ويمكن جعل هذه الملحقات شريطية التحكم.

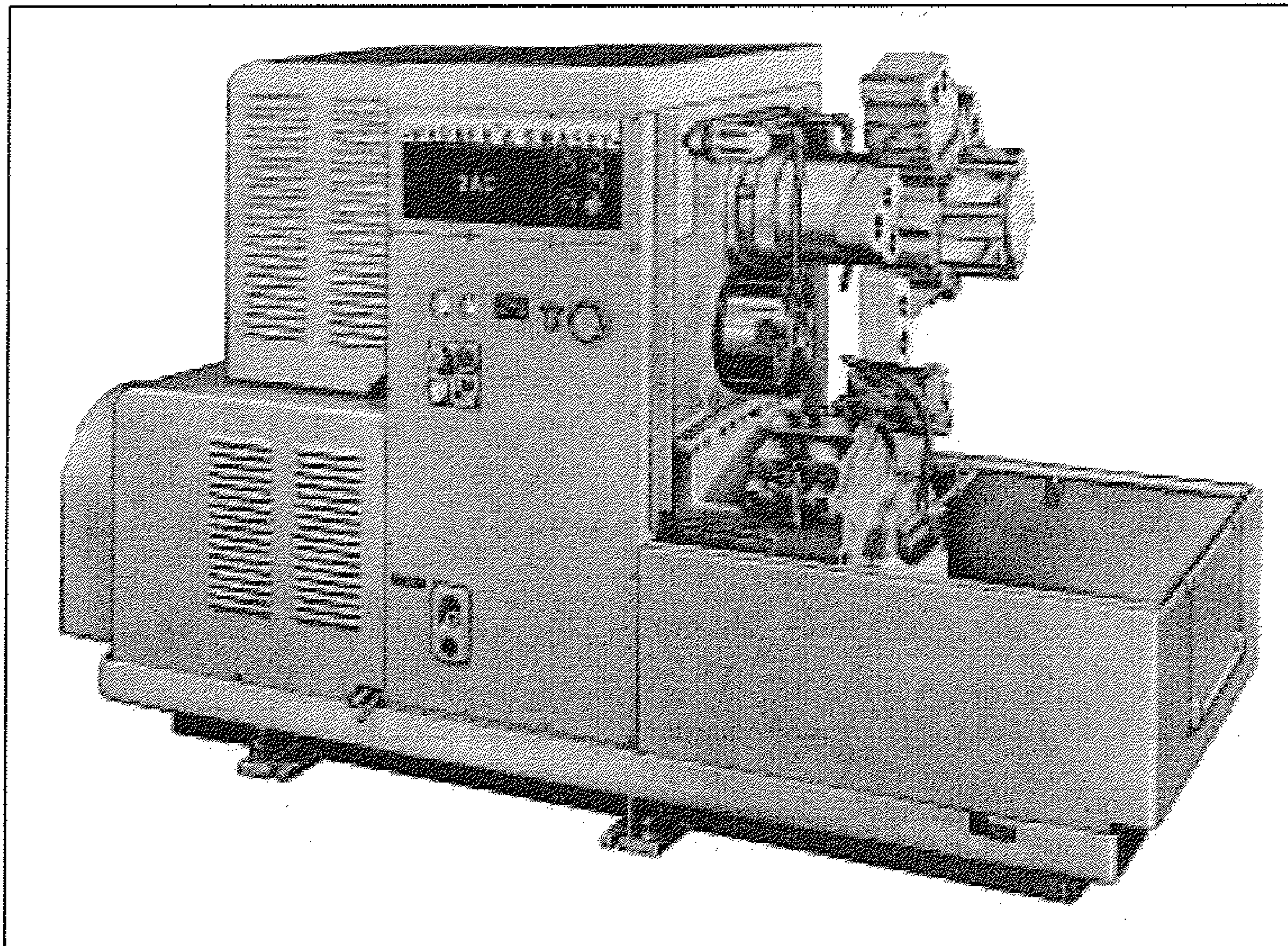
4.5 المعدات المتحركة آلياً (Automated Equipment) .

هنالك ماكنات خراطة تسمح بإستعمال المعدات التي تتحرك آلياً عليها مثل التظريف الآلي، الترتيب، التغذية، تغير سرعة عمود الدوران وغيرها من الأعمال التي يمكن للمشغل غملها على ماكنة المخرطة. هذه المخارط الآلية تمثل شكل مُحسن للمخرطة البرجية وهي مناسبة بشكل خاص للعمل الطويل، تطبيقات الإنتاج الكبير. المخارط الآلية يمكن أن تصنع بعمود دوران مفرد أو متعددة أعمدة الدوران، وبشكل عام الآلات مفردة عمود الدوران تجهز لخراطة الشُغلات والتي يتم مسكها في طوق أو ظرف على الغراب الثابت. المخارط الآلية متعددة أعمدة الدوران تزود بوسائل من أجل تقسيم الشُغلة على العُدد المرتبة على الأعمدة المتنوعة. هذه العُدد المرتبة يمكن أن تضم المثاقب، عُدد التخويش، قضبان التثقيب وقاطعات أُخرى دوارة. كلا النوعين من الماكنات بتراصف عمودي بالإضافة إلى التراصف الأفقي لعمود الدوران. بقدر ما تكون عمليات التشغيل على المخرطة الآلية مقلقة، إلا أن المبدأ الأساسي الذي يؤخذ بنظر الإعتبار هو السرعات العالية المرغوبة لقابلية إنتاج جيدة، إقتصاديات عملية القطع، وتوازن السرعات على أطوار مختلفة للعملية للحصول على المعدل المطلوب للبلى على كل عُدة قطع .

1.4.5 المخارط الآلية مفردة عمود الدوران (Single Spindle Automatic Lathes)

إن أكثر المخارط الآلية مفردة عمود الدوران صُممت لتشغيل القطع التي تقع بين مركزين. بعضها ، على أية حال يمسك الشُغلات في ظرف، طوق، أو ماسك ذو تصميم خاص، وأكثرها تمتلك أعمدة دوران أفقية . تتكون المخرطة الآلية مفردة عمود الدوران التقليدية من ستة مركبات أساسية هي : القاعدة (*Base*)، الفَرش (*Bad*)، والسكك (*Ways*) ، الغراب الثابت، عمود الدوران العامل، راسمة العُدة الأمامية (*Front Tool Slide*)، وراسمة العُدة الخلفية (*Rear* Tool Slide).

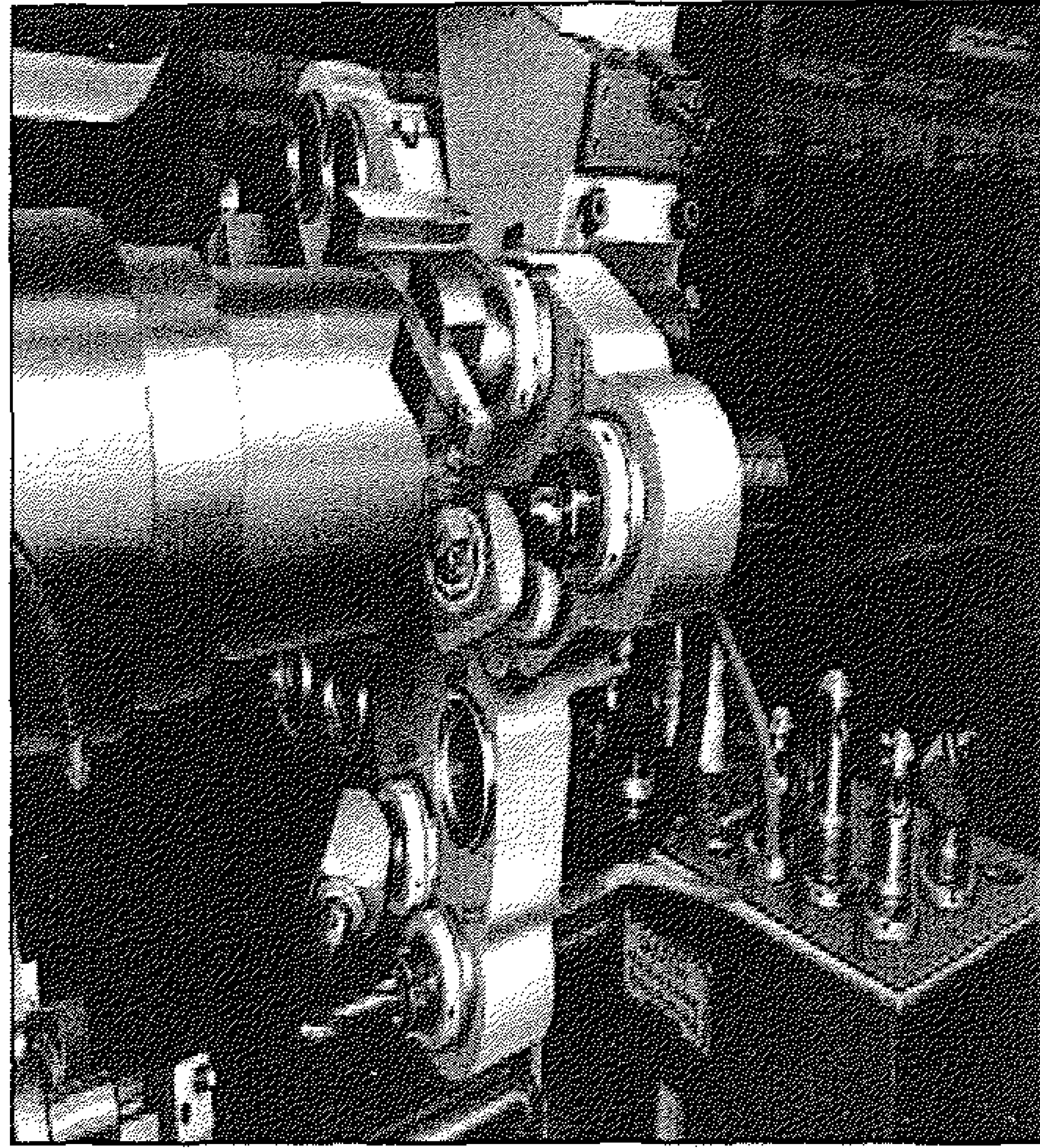
تتم السيطرة على معدلات التغذية لراسمات العُدة بواسطة الحدبات (*Cams*)، الهيدروليك (*Hydraulics*)، أو أعمدة السحب (*Lead Screws*). إضافة إلى ذلك يتم تغيير سرعات عمود الدوران لتلائم متطلبات قطر القطعة المشغلة ومادتها بواسطة وسائل تروس التغيير في الغراب الثابت. المخرطة الآلية ذات عمود الدوران المفرد موضحة في الشكل رقم (5- 9).



الشكل رقم (5- 9): مخرطة آلية مفردة عمود الدوران

1.1.4.5 تجهيز العُدد (Tooling) .

أي نوع من ماسكات الشُغلات المتوفرة والتي تكون ملائمة للتطبيق العملي يمكن أن تستخدم في المخارط الآلية متضمنة الظروف، التثبيت في صينية المخرطة، الأطواق، وماسكات ذات تصاميم خاصة. عند إستخدام الظروف، فيجب أن يتم تشغيلها آلياً لتجنب الوقت لتحريك الظروف يدوياً. ماسكات العُدة تصمم إعتيادياً مع شقوق (*Slots*) للتعيين والتثبيت من أجل مسك العُدة المفردة في مواضعها المطلوبة. مجموعة ماسكات العُدد في الخراطة توصل وتثبت في موقع ثابت على الراسمة الأمامية والراسمة الخلفية. كذلك من الجيد لاستمرار العمل تزويد ماسكات عُدة احتياطية وتنصب فيها عُدد حالة جاهزة لإعادة التنصيب والتثبيت حالاً بدل العُدد المثلومة، مما يقلل زمن التنصيب للعُدد اللازمة للجزء التالي المراد تشغيله. الشكل رقم (5- 10) يوضح تجهيز دي فليج (*Devlieg*) للعُدد اللازمة للمخرطة الآلية ذات عمود الدوران المفرد أو متعددة أعمدة الدوران.



الشكل رقم (5- 10): تجهيز دي فليج للعُدد اللازمة للمخرطة الآلية مفردة أو متعددة أعمدة الدوران

2.1.4.5 التطبيقات (Application) .

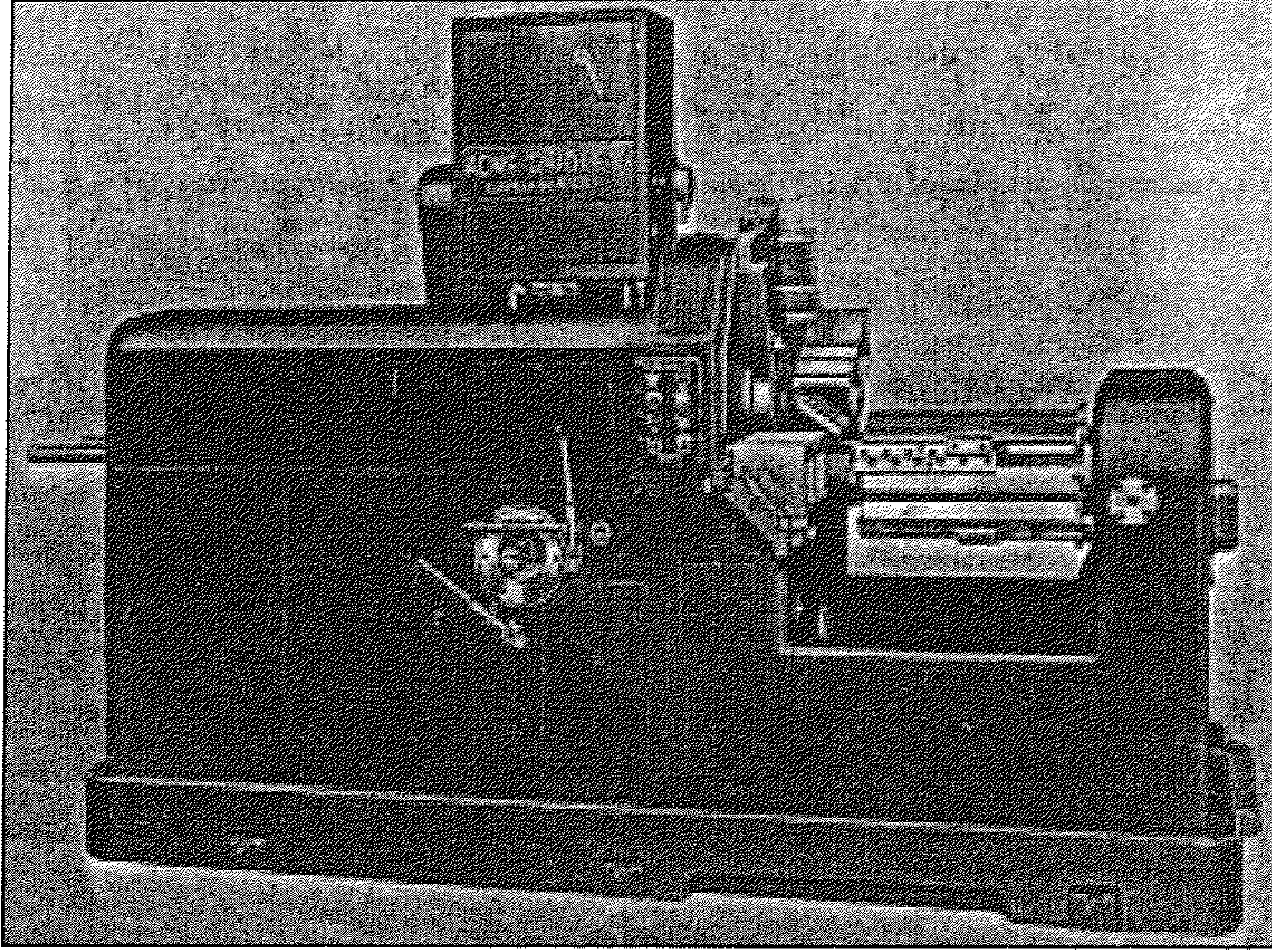
محور وأعمدة النقل، فراغات الترس، دافعات المضخة والتروس الصغيرة كل هذه الأجزاء ملائمة جداً، وبشكل خاص للتشغيل على المخارط الآلية مفردة عمود الدوران. في الحقيقة، تقريباً أي جزء معدني قابل للتشغيل يقع ضمن سعتها الحجمية التي يمكن أن يوضع في ظرف، مثبت، أو يدور بين المراكز هو محتمل الترشيح لأن يشغل بهذه الماكنة. المخارط الآلية مفردة عمود الدوران تنجز عمليات الخراطة، التسوية، الشطب، التحزيز، والتشكيل وعادة تستعمل للأجزاء مع معدلات إنتاج متوسطة .

2.4.5 ماكنات اللولبة الآلية مفردة عمود الدوران (Screw Machine S-S-A) .

ماكنات اللولبة الآلية من التطورات الحاضرة للمكائن الأولى التي كانت وظيفتها فقط إنتاج اللوالب. المكائن الحديثة لا تمتلك فقط قدرات تسنين (*Threading*) ولكن كذلك قادرة على انجاز عمليات الخراطة. هذه المكائن تنتج مدى واسع من الأجزاء من قضيب الخام المغذى خلال أعمدة العمل المجوفة. بعض الآلات رُتبت لإنتاج أجزاء المقبض الملتوي . آلات اللولبة الآلية مفردة عمود الدوران تمتلك أعمدة دوران أفقية مجوفة ومرصوفة مع أنابيب تغذية الخام. أكثر هذه المكائن يتم السيطرة عليها بواسطة الحدبات، ولكن أنواع منها لا تحتوي على الحدبات وفي بعض الأوقات تكون السيطرة رقمية (*NC*) أو (*CNC*)، وتكون أكثر مرونة في التنصيب، مما يجعلها أكثر ملائمة لدورات الإنتاج القصيرة .

تتوفر مكائن اللولبة بعدة أحجام وتمتلك ستة تراكيب رئيسية هي : القاعدة ، الغراب الثابت ، عمود دوران العمل المجوف، راسمة العُدة الأمامية، راسمة العُدة الخلفية، والبرج وكما موضح في الشكل رقم (5- 11) والذي يمثل ماكنة لولبة تقليدية مفردة عمود الدوران. تتم السيطرة على معدلات تغذية الحركة لراسمات العُدة بواسطة الحدبات أو المعدات الهيدروليكية. سرع عمود

الدوران تغير لتلائم قطر/ مادة الشُغلة بواسطة وسائل تروس التغير في قاعدة الماكنة. قضيب الخام يغذى آلياً لمحدد متأرجح، أو محدد البرج بعد أن يكتمل كل جزء ويتم قطعه. الطوق يزال آلياً أثناء تقدم الخام .



الشكل رقم (5- 11): ماكنة لولبة آلية مفردة عمود الدوران

1.2.4.5 تجهيز العُدد (Tooling) .

تتوفر الأطواق الدائرية ، المربعة ، السداسية وبقية الأشكال القياسية وبأحجام مختلفة لتلائم أحجام قضبان الخام التجارية. الإشكال الخاصة تصنع لملائمة العمل أيضاً. العديد من العُدد وماسكات العُدد الخاصة تُصمم وتصنع لتطبيقات خاصة أو معينة، ولكن التوفير الهام في الوقت والمال يمكن الحصول عليه بواسطة إستخدام العُدد وماسكاتها القياسية المتوفرة. إختبار واسع للعُدد القياسية متوفرة من المخزون .

2.2.4.5 التطبيقات (Applications) .

تستخدم ماكنات اللولبة الآلية مفردة عمود الدوران لإنتاج مدى واسع جداً للأجزاء الصغيرة المتضمنة الأعمدة، المسامير، اللوالب، البراغي، والازرار

(*Knobs*) وهكذا من أي معدن قابل للتشغيل. المستويات والشقوق بالإمكان أن تفرز وتثقب الفجوات العرضية. من العادي أن يقوم مشغل واحد بتشغيل عِدة ماكنات، وعَدد الماكنات يعتمد على التكرار المطلوب لإعادة تحميل قضبان الخام وتعديل أو تغير العُدد.

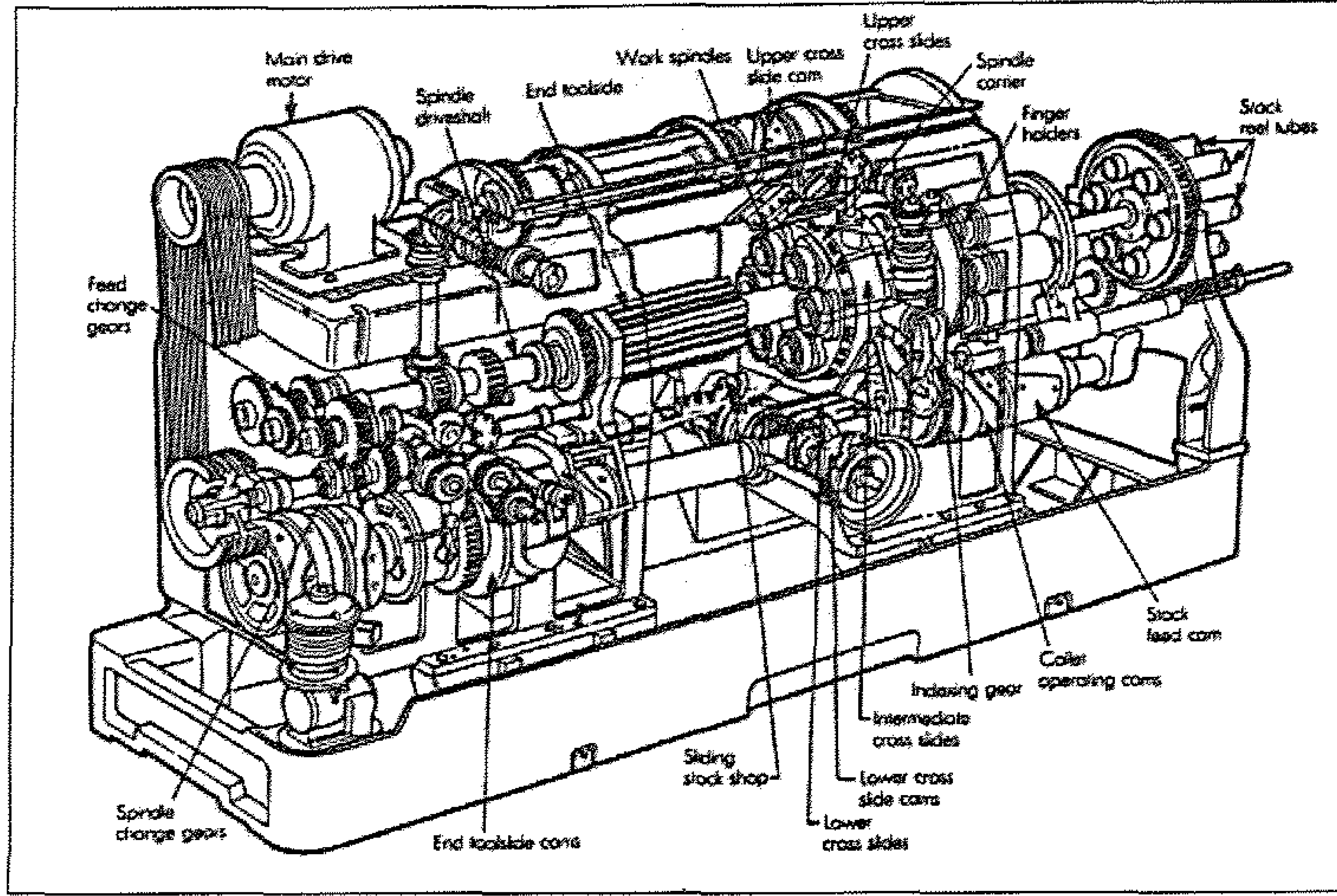
3.4.5 ماكنات القضبان والتطريف الآلية متعددة أعمدة الدوران الأُفقية .

تمتلك الماكنات التقليدية من هذا النوع ميزتين أساسيتين فوق الماكنات مفردة عمود الدوران حيث كلاهما يختزل الوقت اللازم لإنتاج الجزء وهذه الميزتان هما :

1- الماكنة متعددة أعمدة الدوران تنجز تشكيل الشُغلة في كل مواقعها العاملة وبشكل متزامن، كذلك بالإمكان أتمام تشغيل مختلف على الجزء عند كل موقع وبنفس الوقت.

2- الوقت الأقصى اللآزم لإكمال قطعة واحدة هو الزمن اللآزم لأطول قطع، زائداً وقت التقسيم. وفي لحظات معينة القطع الأطول يمكن أن يُقطع ضمن الزيادات.

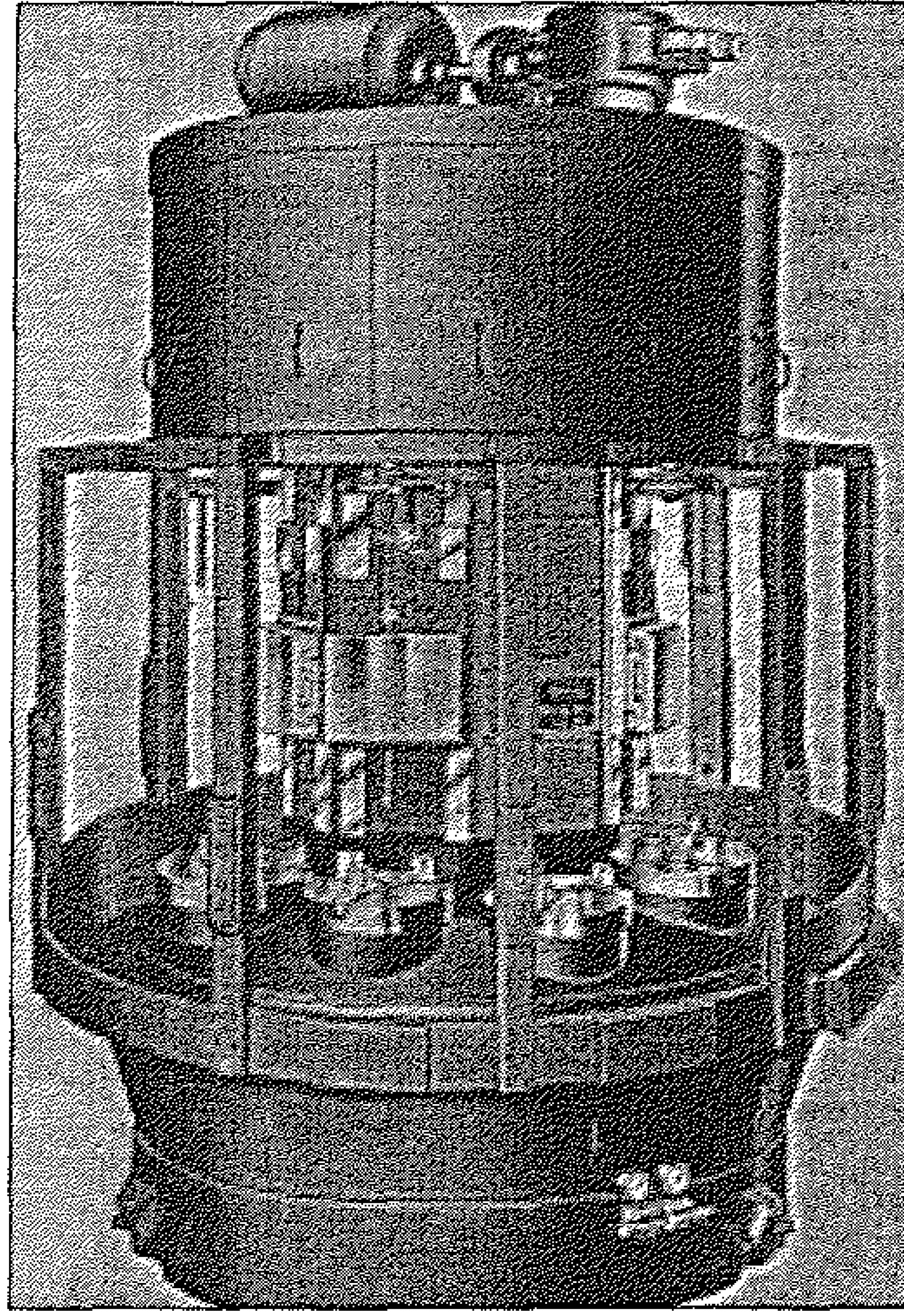
كمثال على ذلك، التجويف المثقوب الذي هو أطول قطع لجزء معين يمكن أن يكتمل في ثلاث مواقع أو أكثر. أحجام الجزء وتعقيد التصميم يمكن أن تتكيف كلياً وبشكل جيد على المحور المتعدد أو المحور المفرد. زمن التغيير الأقصى يفضل الماكنات مفردة العمود لدوران إنتاج أقصر. ولكن زمن التشغيل الأقصر لكل قطعة للماكنات متعددة الأعمدة يجعلها أكثر إقتصادية لدورات إنتاج أطول. مخطط تفصيلي يوضح ماكنة قضبان آلية ذات ستة أعمدة دوران في الشكل رقم (5- 12).



الشكل رقم (5- 12): ماكنة قضبان آلية ذات ستة أعمدة دوران

4.4.5 ماكنات التظريف الآلية متعددة أعمدة الدوران العمودية

ماكنات التظريف الآلية متعددة أعمدة الدوران العمودية صُنعت بواسطة عَدد من مصنعي مكائن العُدد في أحجام ونماذج مختلفة متراوحة من (4- 8) أعمدة دوران. مصنع واحد يجهز ماكنة فيها (16) عمود دوران وهي في الحقيقة عمودين لكل موضع عُدة لماكنة ثمانية أعمدة دوران. هذه الماكنات تستخدم أقل حيز أرضي كما في النموذج الأفقي المكافئ له، وأكثر مرونة في التطبيق. وهي على آية حال، لا تقبل قضبان الخام. بعض مزاياها الأخرى هي إنها ملائمة للتحميل، التشغيل، وتعديل أو تغيير الأدوات. الماكنة موضحة في الشكل رقم (5- 13)، وهي تحتوي على ثلاث تراكيب أساسية هي: القاعدة والعمود المركزي، الحامل وأعمدة الدوران العاملة، ورؤوس التشغيل.

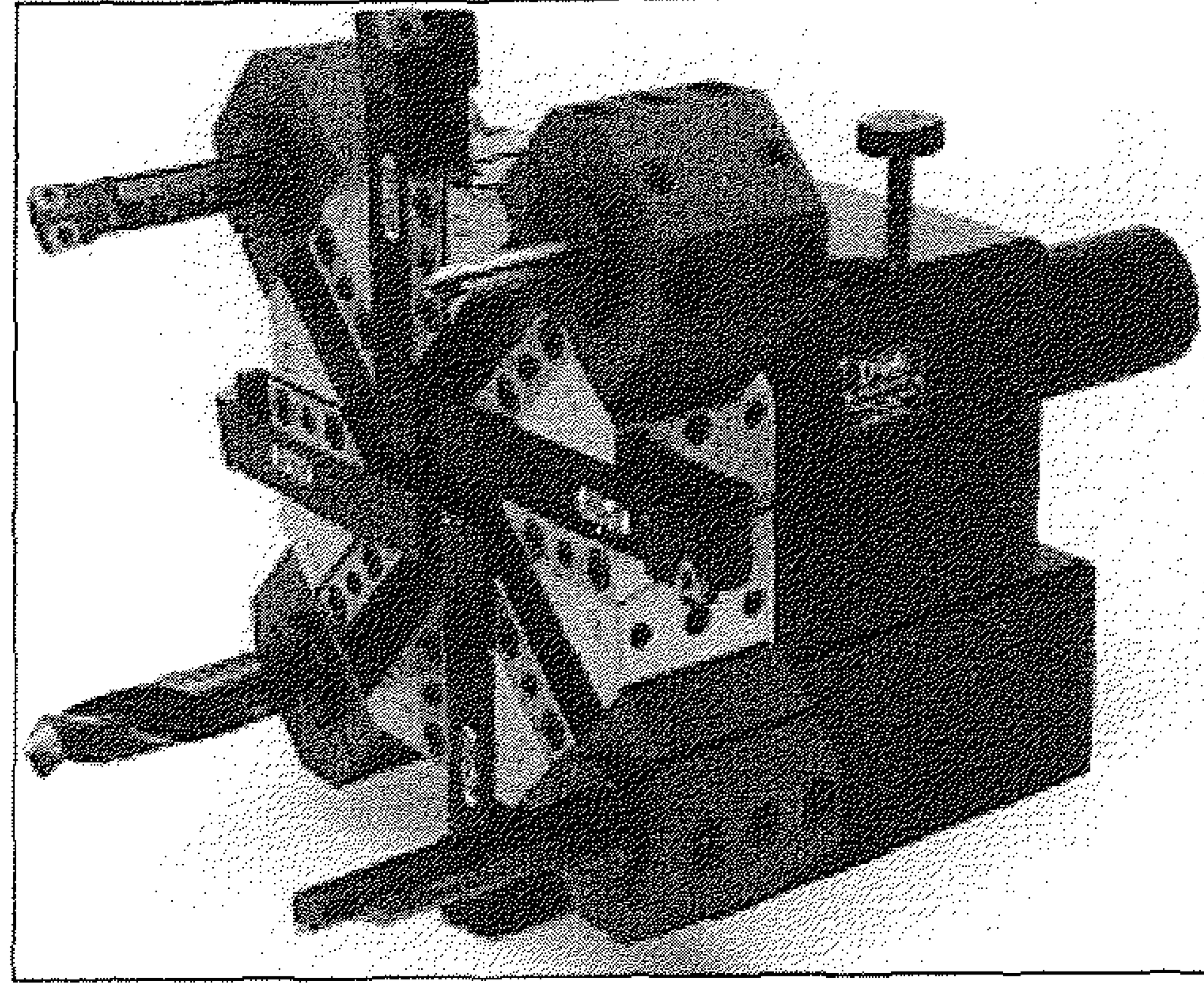


الشكل رقم (5- 13): ماكنة تظريف آلية متعددة أعمدة الدوران

إن تصميم الماكنة يسمح لكل عمود دوران بالعمل بشكل مستقل، حيث يمتلك سرعات وتغذية مستقلتين. في واقع الأمر، إن الماكنة الموضحة أعلاه يمكن أن تعمل كسبعة مكائن مفردة كلها تُحمل وتفرغ عند موقع مشترك. المكائن ذات أعمدة الدوران الثنائية (*Duals Spindles*)، ومتعددة رؤوس التشغيل موجودة، وتسمح بتنصيبات مزدوجة أو عمل التظريف الأول والثاني ليتم انجازه (كلا النهايتين). التقسيم المزدوج متوفر ويستخدم مع تنصيبات عمود الدوران الثنائي.

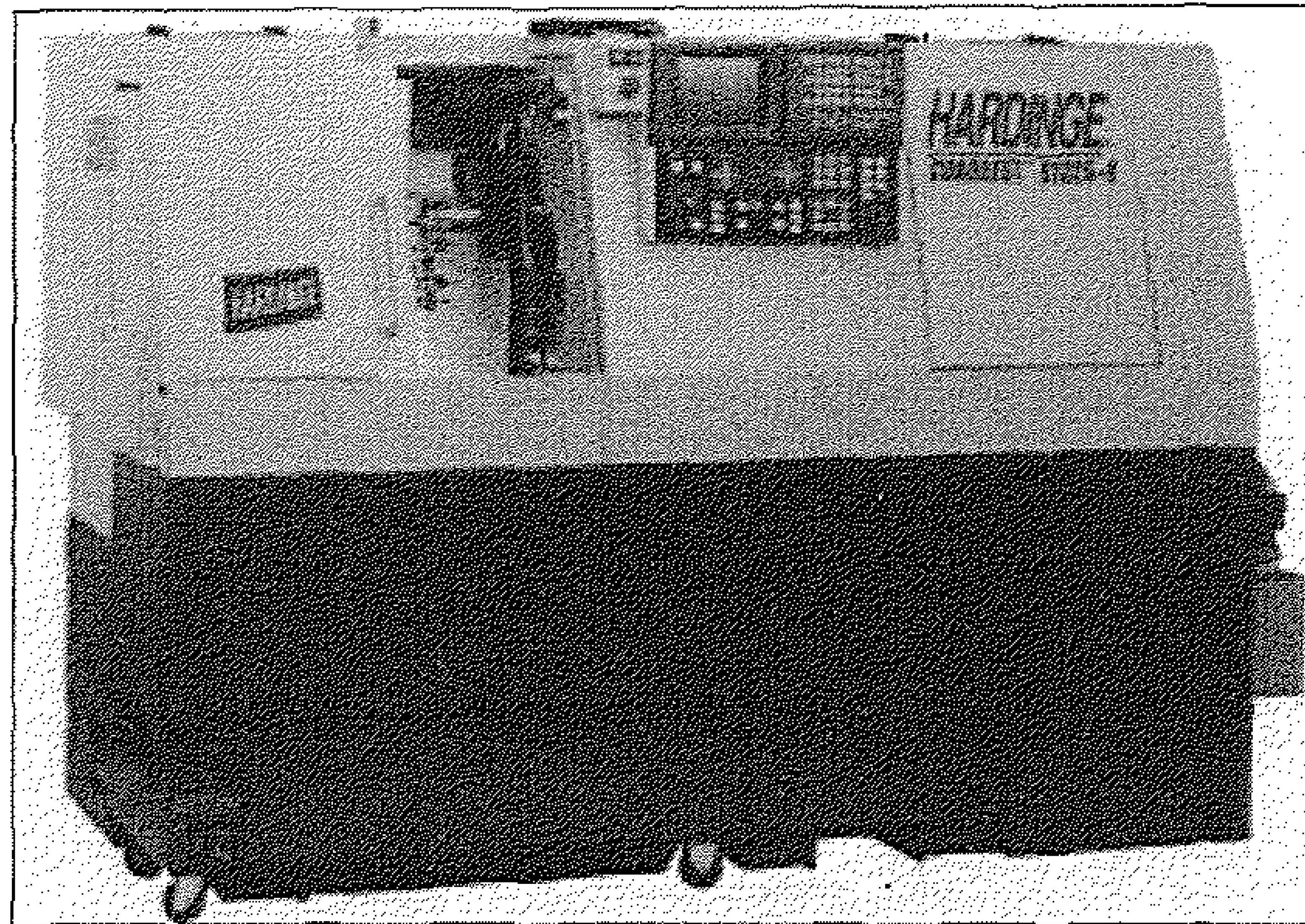
5.5 المخارط ذات التحكم بالحاسوب (Computer Controlled Lathes)

في معظم المخارط المتقدمة تدار حركة الماكنة ويتم السيطرة على مركباتها بواسطة نظام التحكم الرقمي بالحاسوب (*Computer Numerical Controls*) وهو ما يُشار إليه إختصاراً (*CNC*). تجهز هذه المخارط عادة ببرج واحد أو أكثر، وكل برج يُجهز بعُدد متنوعة والتي تنجز عمليات عديدة على السطوح المختلفة للشغلة. ماسك العُدة متعدد المواقع موضح في الشكل رقم (5-14).



الشكل رقم (5- 14): ماسك عُدة متعدد المواقع مع أربعة + أربعة عُدد

هذه الماكنات هي آلية بشكل كبير والعمليات تُكرر وتحافظ على وقتها المطلوب، وهي مناسبة لأحجام الإنتاج الواطئة إلى المتوسطة. الشكل رقم (5- 15) يوضح مخرطة (*CNC*) ذات دقة عالية. العديد من أنظمة التشغيل المفصلة والمتضمنة عمليات التثقيب، والتفريز سوف يتم مناقشتها في الفصل اللاحق .



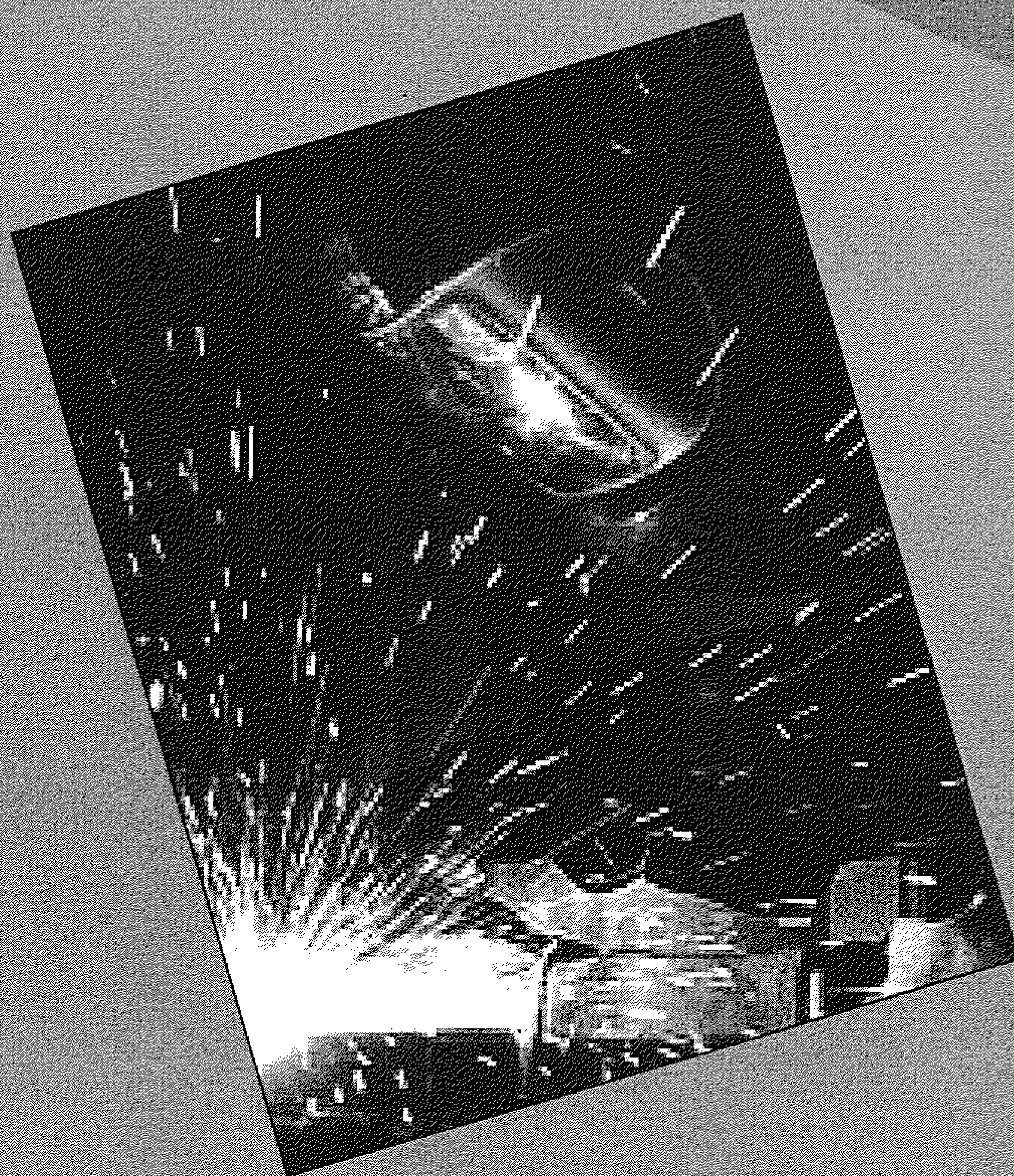
الشكل رقم (5- 15): مخرطة سويسرية النوع ذات

تحكم بالحاسوب عالية الإنتاج

الفصل السادس

التحزيز و التسنين

Grooving and Threading



6

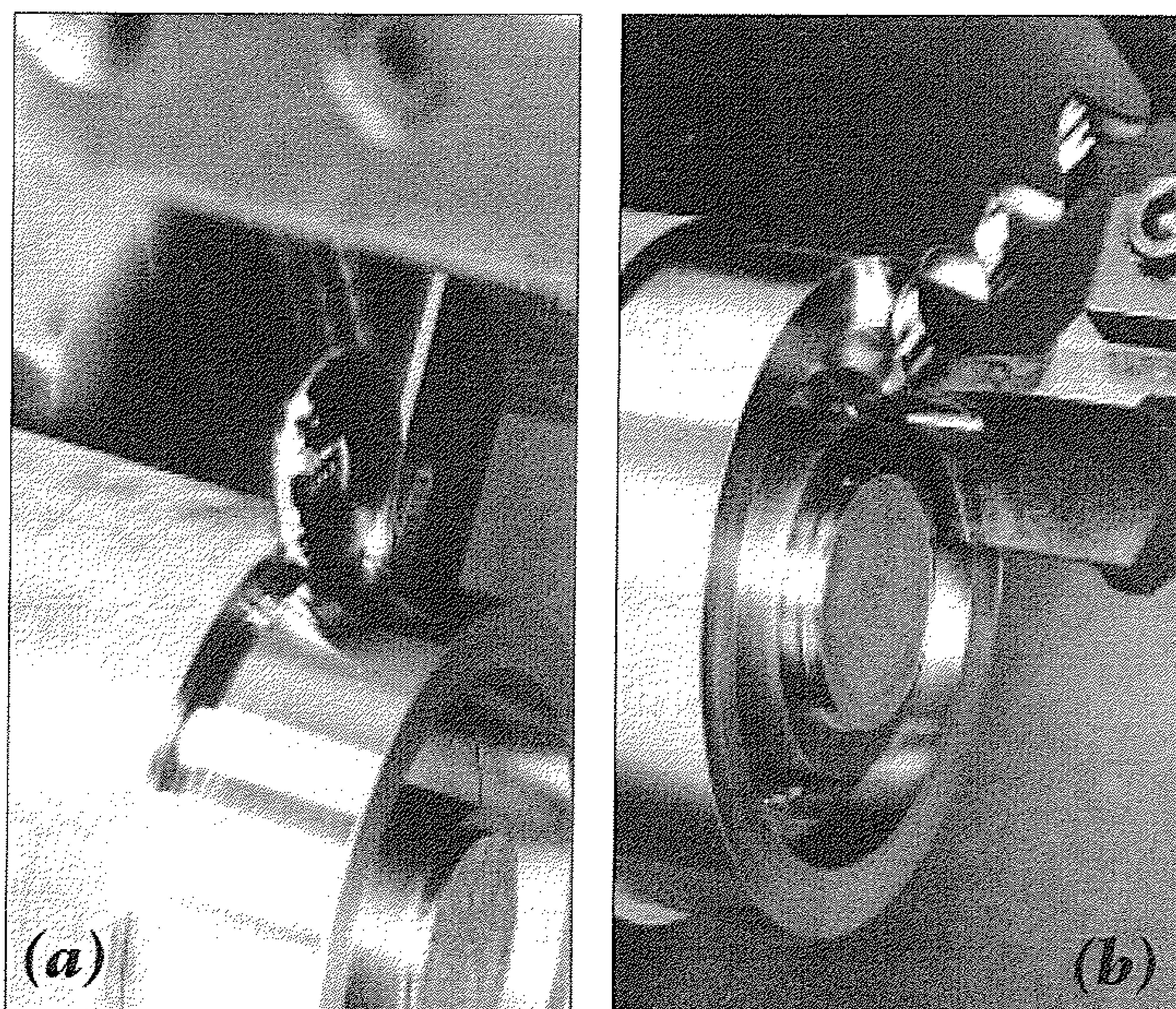
الفصل السادس

التحزيز و التسنين

Grooving and Threading

1.6 المقدمة (Introduction) .

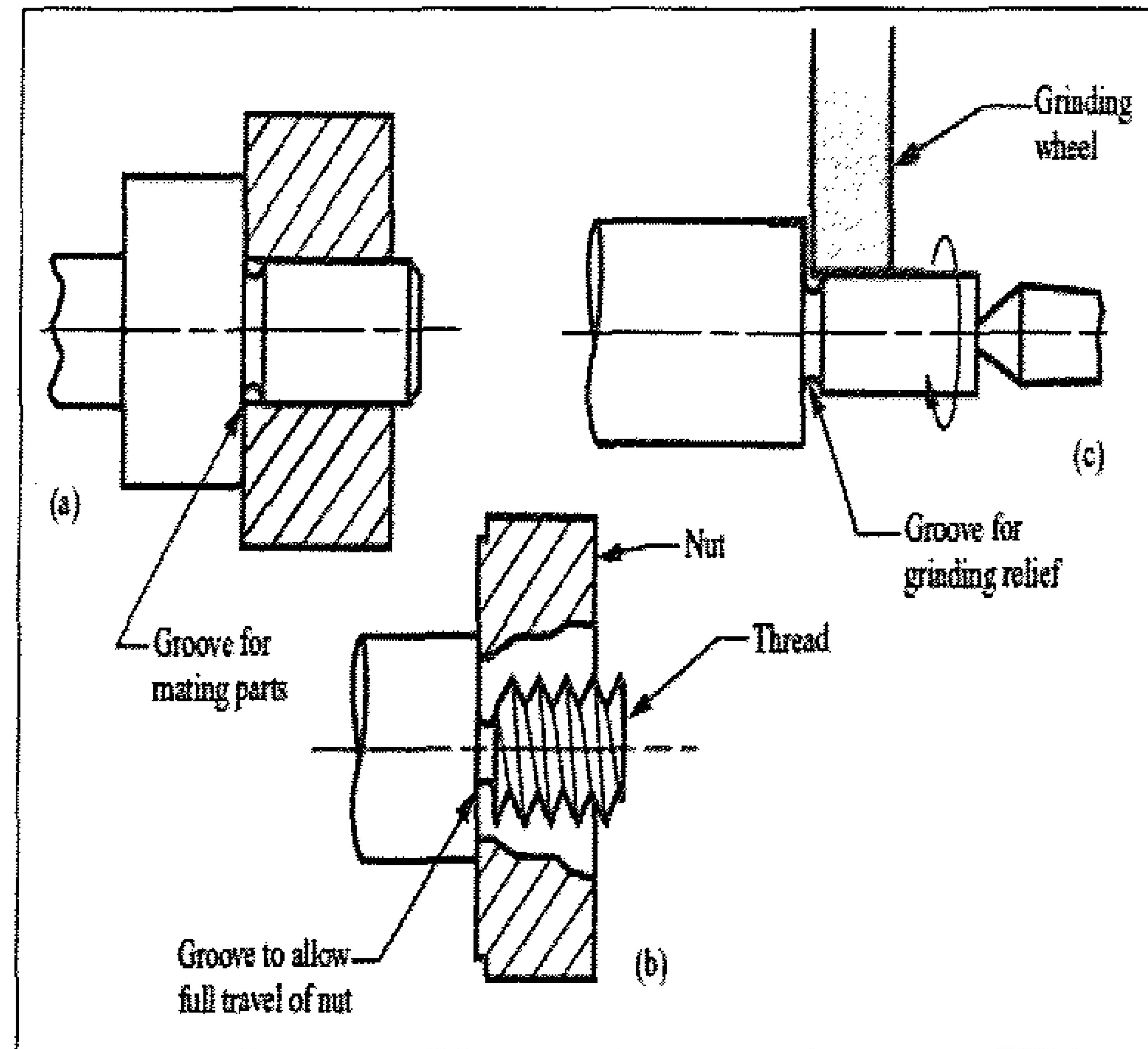
يعتبر التحزيز (*Grooving*) والتسنين (*Threading*) من عمليات التشغيل مفردة الحد القاطع والتي تُنجز على المخارط، المخارط الآلية، وتشغيل المراكز (تشغيل الذنبة). عمليات تحزيز القطر الخارجي والتحزيز الوجهي موضحة في الشكل رقم (6- 1). سوف يتم مناقشة التسنين أو اللولبة الداخلية في فصل لاحق.



الشكل رقم (6- 1): a. عملية تحزيز القطر الخارجي b. عملية تحزيز وجهي

2.6 عمليات التحزيز والتجويف (Grooving or Recessing Operations) .

وتسمى في بعض الأوقات كذلك بعمليات التخصر (*Necking Operations*)، تنفذ هذه العمليات غالباً على أكتاف الشُغلة للتأكد من التوافق الصحيح بين الأجزاء المتعشقة، وكما في الشكل رقم (6-2-a). عندما تكون هنالك حاجة للسن من أجل تشغيل كامل طول الجزء لكتف، لذلك يشغل الحز عادة للسماح بالإنتقال الكامل للصامولة كما في شكل رقم (6-2-b). إن تحزيز الشُغلة السابق لعمليات التجليخ الإسطواني يسمح لقرص التجليخ بتجليخ الشُغلة بالكامل بدون ملامسة الكتف كما هو واضح في الشكل رقم (6-2-c).



الشكل رقم (6- 2): a. عملية التحزيز للقطر الخارجي b. عملية التحزيز الوجهي

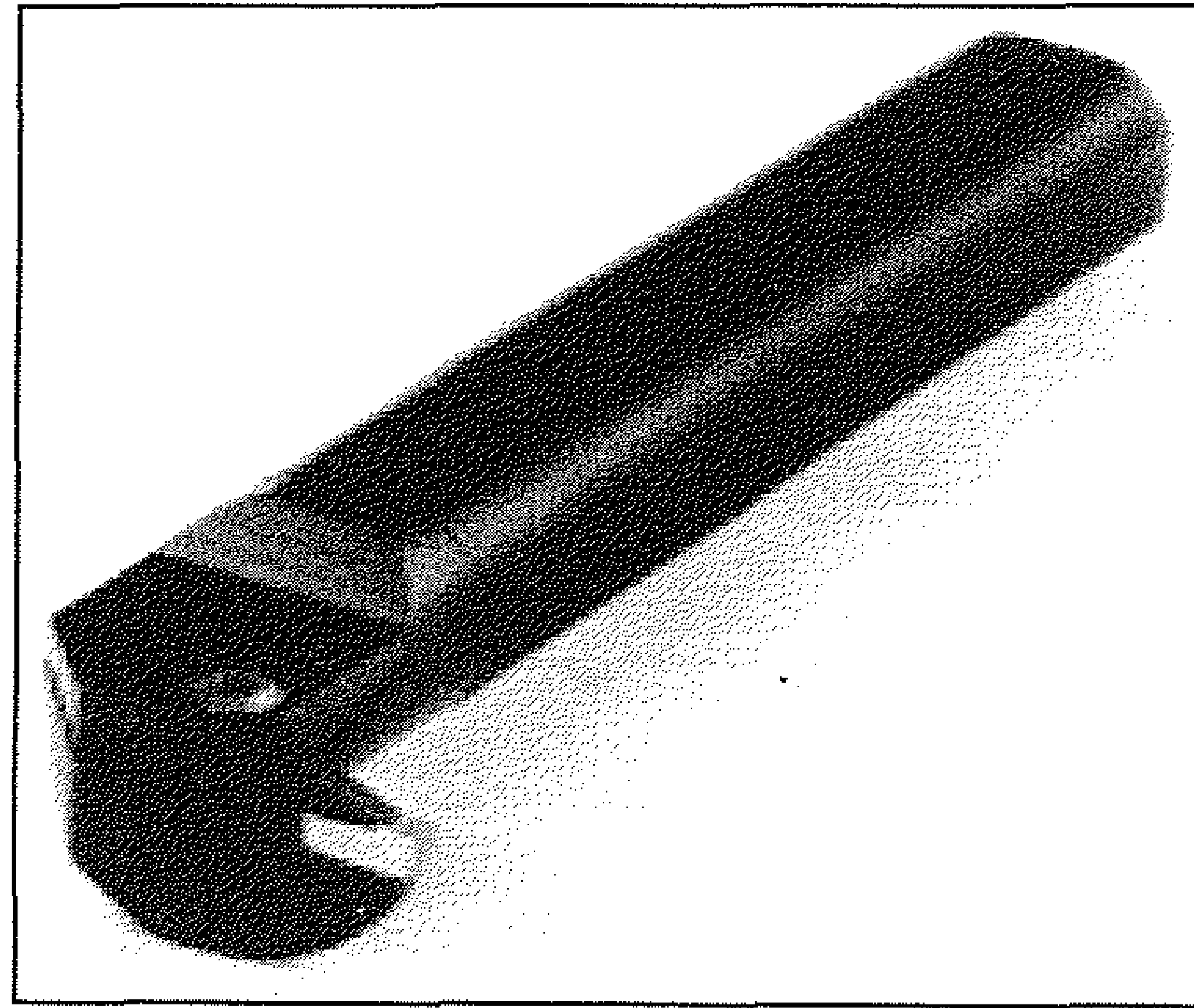
1.2.6 التحزيز الوجهي (Face Grooving) .

تُغذى العُدة في عمليات التحزيز الوجهي محورياً أكثر من التغذية القطرية بإتجاه السطح النهائي للشُغلة. إضافة إلى ذلك يجب أن تُكيف العُدة لمنحني نصف القطر الحز والشفرة حيث تكون بشكل منحني. عندما يدور عمود دوران الماكنة بإتجاه معاكس لعقارب الساعة، فأنه يسمح بإستخدام عُدة اليد اليمنى (*Right hand*)، أما عند دورانه بإتجاه عقارب الساعة سوف يتم إستعمال عُدة

اليد اليسرى (*Left hand*). الشكل رقم (b-1-6) يوضح عمليات التحزيز الوجهي، لذلك كل من اللُقمة والماسك تتوافق داخل الحز، وكل من الأقطار الخارجية والداخلية يجب أخذها بنظر الإعتبار. إن القطر المقاس للجانب الخارجي للشفرة يعين الحد للقطر الأصغر الممكن والذي يمكن تشغيله والقطر المقاس للجانب الداخلي أو إلى داخل الشفرة سوف يعين الحد للقطر الأكبر الممكن للحز .

2.2.6 التحزيز الداخلي (Internal Grooving) .

إن المشكلة الرئيسية في التحزيز الداخلي هي تفريغ الرايش، حيث هنالك مخاطر كبيرة مترتبة على إنحشار الرايش والتي يمكن تسبب كسر العُدة خصوصاً عندما يتم تشغيل أقطار صغيرة. الرايش يجب أن يُزال من الحز، لهذا يُغير الإتجاه بزاوية (°90) وتحويل جانب ماسك العُدة بالنهاية يزال الرايش من التجويف. تقديم تغذية متقطعة ضمن البرنامج هو أفضل طريقة للحصول على رايش قصير. ماسك تحزيز داخلي مع لقمة موضح في الشكل رقم (6- 3).



الشكل رقم (6- 3): ماسك مع لُقمة تحزيز داخلي

الإهتزاز أيضاً هو مشكلة أخرى شائعة تشترك مع التحزيز الداخلي. إن الإستقرارية تتناسب مع مقدار التدلي والنتوء (*Over Hang*)، أو كم بُعد الحز

داخل الشُغلة المراد تشغيلها. إن خطورة الإهتزاز يمكن أن تختزل بواسطة إستخدام أوسع ماسك عُدة ممكن. أن مقدار التدلي يجب أن لا يتجاوز 2- 2.5 × القطر. التحزيز الداخلي هو عملية حرجة ومن المهم إختيار العُدة الأمثل لإنحشار الرايش مع تشغيل خالي من الإهتزاز. عادة تُجلخ عُدد التحزيز للأبعاد والشكل المطلوبين لعمل خاص. معظم عُدد التحزيز تكون مشابهة من حيث المظهر لعُدة القطع مع إختلاف إن الزوايا تُدَور بعناية بسبب إنها تختزل قدر الإمكان الشقوق في الجزء وخصوصاً إذا كان يُراد معاملة الجزء حرارياً.

3.6 عمليات الفصل أو القطع (Parting or Cut off Operations) .

تقوم الشُغلة بالدوران في عمليات الفصل بينما تتحرك العُدة بعيداً بحركة تغذية نصف قطرية. وكما هو الحال مع الخراطة الوجهية، فأن العُدة تغذى من محيط الشُغلة بإتجاه مركزها وسرعة القطع تُختزل للصفر. لكن هنا تشابهات نهائية. الشكل رقم (6- 4) يوضح عملية فصل نموذجية. بتقدم عُدة القطع بإتجاه المركز، يحدث تأثير آخر، حيث عندما يبدأ قطر الشُغلة بالإختزال، تسبب قوة القطع نصف القطرية كسر المادة قبل أن تقطعها اللُقمة بالكامل وتخرج منها. هذه الحالة سوف تسبب تكون زوائد معدنية في مركز الشُغلة، وهي تكون موجودة دائماً بعد الفصل. ولكن بالإمكان إختزال حجمها بواسطة الإختيار الصحيح لهندسية اللُقمة، معدل التغذية، والإسناد لأجل إرتخاء الشُغلة.

في عملية الفصل، هنالك مادة على جانبي اللُقمة، وهذا يعني أن العُدد المستخدمة تكون نحيفة وإن طول ماسك العُدة يزداد مع زيادة القطر. لذلك تصبح الإستقرارية عامل حرج. بما إن حجم العُدة وماسكها يجب أن يكونا الأمثل ليتلاقيا مع متطلبات العملية، لذلك يجب أن يظهر سطح صغير تأثيراً بالحرارة، ولهذا تصبح سوائل التبريد مهمة. لسوء الحظ، فأن تجهيز سائل القطع يعاق بواسطة الرايش. بما إن إنحشار الرايش صعب وليس هنالك شيء يعمل على تكسيره لذلك يمكن بسهولة إن تتضرر السطوح الجانبية أثناء العملية.



الشكل رقم (6- 4): عملية فصل أو قطع نموذجية

1.3.6 هندسية اللقمة (Insert Geometry) .

عند بداية القطع سوف تعمل اللُقمة بسرعة قطع عالية نسبياً ويجب أن تكون قادرة على مقاومة التشوه اللدن. وتقل السرعة كلما إقتربت العُدة من المركز إلى النقطة التي تصبح فيها صفر. الماكنات الحديثة يمكن أن تبرمج بحيث تزداد سرعة عمود الدوران آلياً بإتجاه المركز بحيث سرعة القطع ثابتة. ولكن سوف تصل سرعة عمود الدوران إلى أقصاها قبل وصول العُدة إلى المركز، وهذا الشيء ربما يولد حد اللُقمة الناشئ. لذلك يجب أن تكون هنالك حاجة لمادة عُدة متينة لمقاومة الحد الناشئ عندما تصبح العُدة قريبة من المركز.

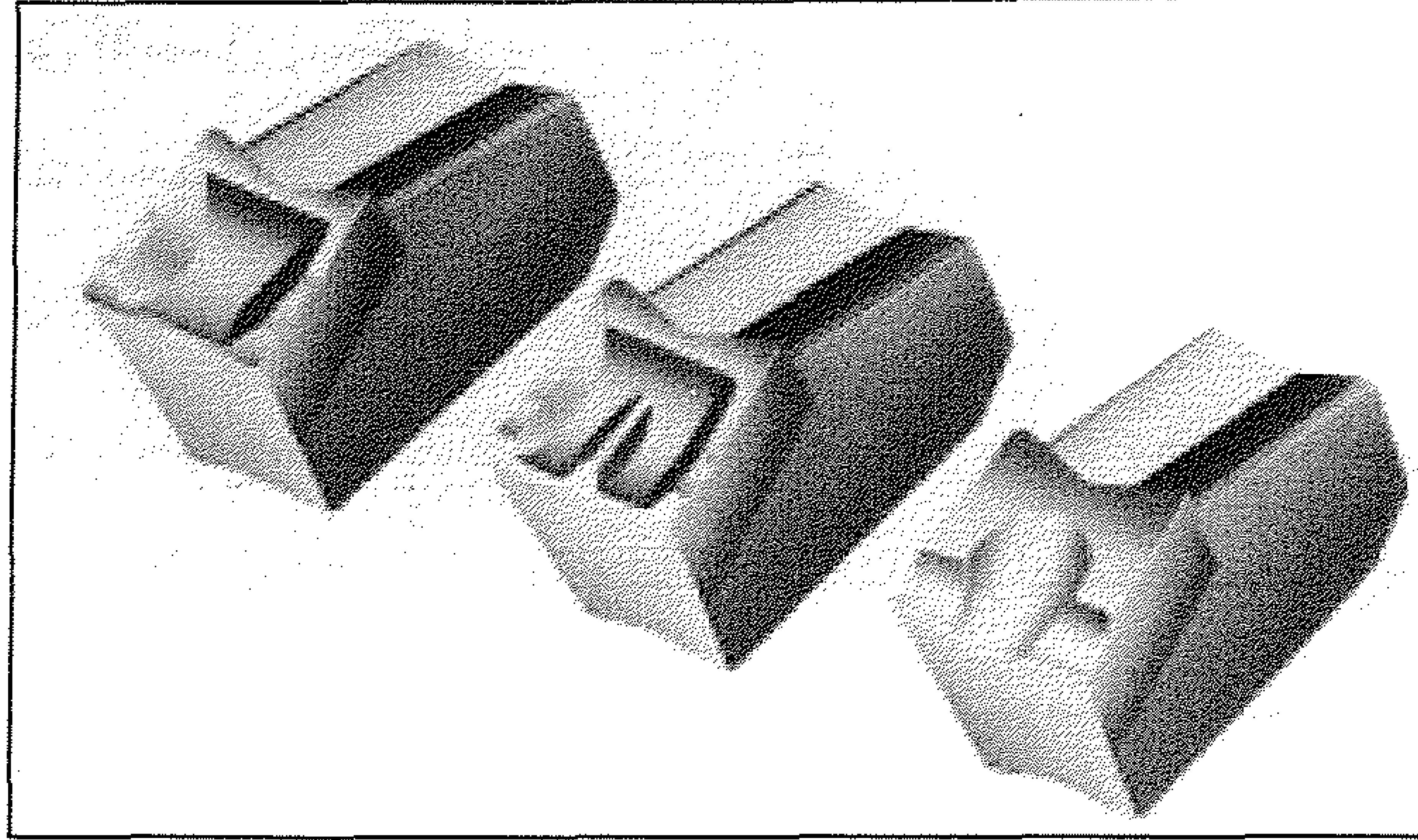
هندسيات اللُقمة المتقدمة ضرورية لإنجاز عمليات الفصل والتحزيز بطريقة مرضية. تعطي لُقمة الجرف الموجبة قوى قطع أقل ولذلك يكون الضغط أقل على الشُغلة، وهذا سوف يختزل حجم الزوائد المعدنية. على أية حال، زاوية الجرف الواسعة تعني حافة قطع أضعف. يمكن أن تمتلك اللُقمة زوايا مقدمة متنوعة. تكون زاوية المقدمة صفر على اللُقم المستقيمة أو المتعادلة. وهذا التصميم يعطي حافة قطع أقوى وإنهاء سطحي أفضل، بينما تحافظ على تفاوتات دقيقة نسبياً للتراصف العمودي. مع زيادة زاوية المقدمة تزداد قوة القطع المحورية، مسببة إنحراف العُدة، ومع زوايا المقدمة الواسعة يكون الإنحراف قوي جداً بحيث

يحدث تدوير نهاية السطوح. وينتج نهاية سطح محدبة أو مقعرة. إختزال زاوية المقدمة ينتج قوى قطع نصف قطرية كبيرة ولكن هذا قد يسبب مشاكل الإهتزاز خاصة عند تشغيل أقطار صغيرة. في عمليات التحزيز تنتج إزاحة اللُقمة النصف القطرية عمق حز غير دقيق.

2.3.6 السيطرة على الرايش (Chip Control) .

في عمليات الفصل والتحزيز، تشغل اللُقمة السطوح على كلا الجانبين لإتجاه التغذية. لذلك يجب أن يتكون الرايش بطريقة بحيث يكون أضيق من الحز وإلا سوف تتضرر السطوح المشغلة. بالإضافة إلى إن الرايش يجب أن ينتج بطريقة بحيث يمكن تفريغها من الحز بدون قطع التشغيل مع لفات الرايش الطويلة صعبة الإزالة. لذلك يتم تكوين الرايش بإتجاهين: تلوى عبر عرضها وتلف سوية طولياً لتكون رايش بشكل نابض حلزوني. الشكل رقم (6- 5) يوضح ثلاث لُقم سيطرة على الرايش.

ولكي يتم إنتاج هذا الشكل المثالي للرايش فان اللقمة تزود عادة بمُشكل الرايش *Chip Former*) والموضح في الشكل رقم (6- 5)، والذي يدخل في حسابه كل من ظروف التشغيل ومادة الشُغلة، حيث إنها تُشكل بطريقة بحيث إنها تُكون منحدر (*Bank*) والذي يستطيع الرايش التسلق عليها أثناء التشغيل. وبعد عدد من الدورات سوف يتم كسر الرايش. قطر الرايش الحلزوني يتأثر بعرض اللُقمة، إرتفاع المنحدر على اللُقمة، التغذية، ومادة الشُغلة.



الشكل رقم (6- 5): لُقم تحزيز وفصل تسيطر على الرايش

3.3.6 وضع العُدة (Tool Positioning).

مثلما هو الحال مع عملية الخراطة التقليدية، من المهم أن تكون حافة القطع موضوعة على نفس المستوى لخط المركز. ولكي يتم الحصول على نتائج مرضية، فإن أقصى إنحراف مسموح به في وضع العُدة عن خط المركز فقط (∓0.004 in). عندما تنحرف حافة القطع عن خط المركز، سوف تتغير زاوية الجرف وزاوية الخلوص، هذا التغير نتيجة لنصف قطر الشُغلة. زاوية الخلوص التي تكون صغيرة جداً يمكن أن تسبب حك حافة القطع على الشُغلة. أما إذا وضعت حافة القطع بشكل واطئ جداً، فأن العُدة سوف تترك المادة في المركز وسوف تتكون الزوائد المعدنية.

4.3.6 الإستقرارية التشغيلية (Operational Stability).

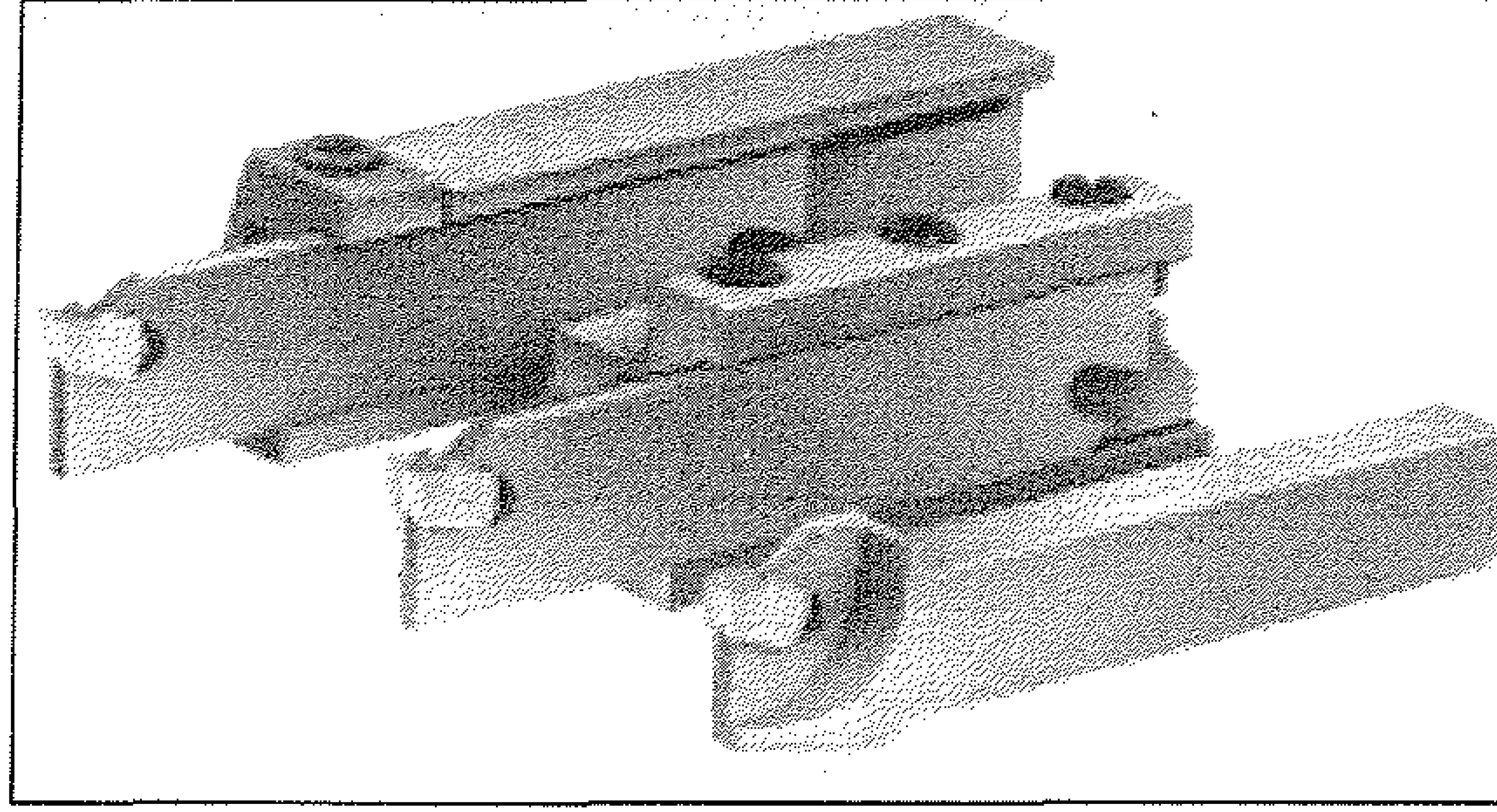
مثلما هو الحال في الخراطة الخارجية التقليدية، تدلي، أو نتوء العُدة لا يتأثر بطول الشُغلة. حجم ماسك العُدة يمكن أن يتم إختياره بحيث يقاوم الإجهادات التي تنشأ أثناء العملية. على آية حال، يجب أن يُعطى إعتبار لعمق الإدخال (*Depth of Insertion*) وعرض الحز في عمليات الفصل والتحزيز والذي يعني بأن الإستقرارية يجب أن تكون غالباً متوافقة لتلتقي مع المواصفات.

وللحصول على أفضل إستقرارية ممكنة، يجب أن يكون التدلي أصغر ما يمكن، كذلك يجب أن يتم إختيار الماسك لعمق الإدخال الأقصر.

كذلك يمكن أن تستخدم اللُقم الأوسع لتحسين الإستقرارية، ولكن سوف يسبب ذلك ضياع مادة أكثر في تكوين الرايش، وهذا الشيئ يمكن أن يكون مكلف مع الدفعات الواسعة وعند تشغيل مواد مكلفة. الإهتزاز يمكن أن ينشأ كنتيجة لإنحراف الشُغلة. الظرف الأقرب لموضع الفصل سوف يخفض تأثير الإجهادات وإنحراف الشُغلة الذي سوف يكون. لذلك إذا كانت الشُغلة تمتلك ميلاً للإهتزاز، يجب أن ينفذ التشغيل بالقرب من الظرف قدر الإمكان. إن خطورة الإهتزاز يجب أن تبقى أقل ما يمكن لكي يتم الحصول على نتائج مقبولة في نوعية عُمر العُدة، بالإضافة لإختيار أفضل عُدة ومستقرة جيداً بالتنصيب. كما إن بيانات القطع يجب أن تكون متكيفة لتقليل ميل الشُغلة والعُدة للإهتزاز.

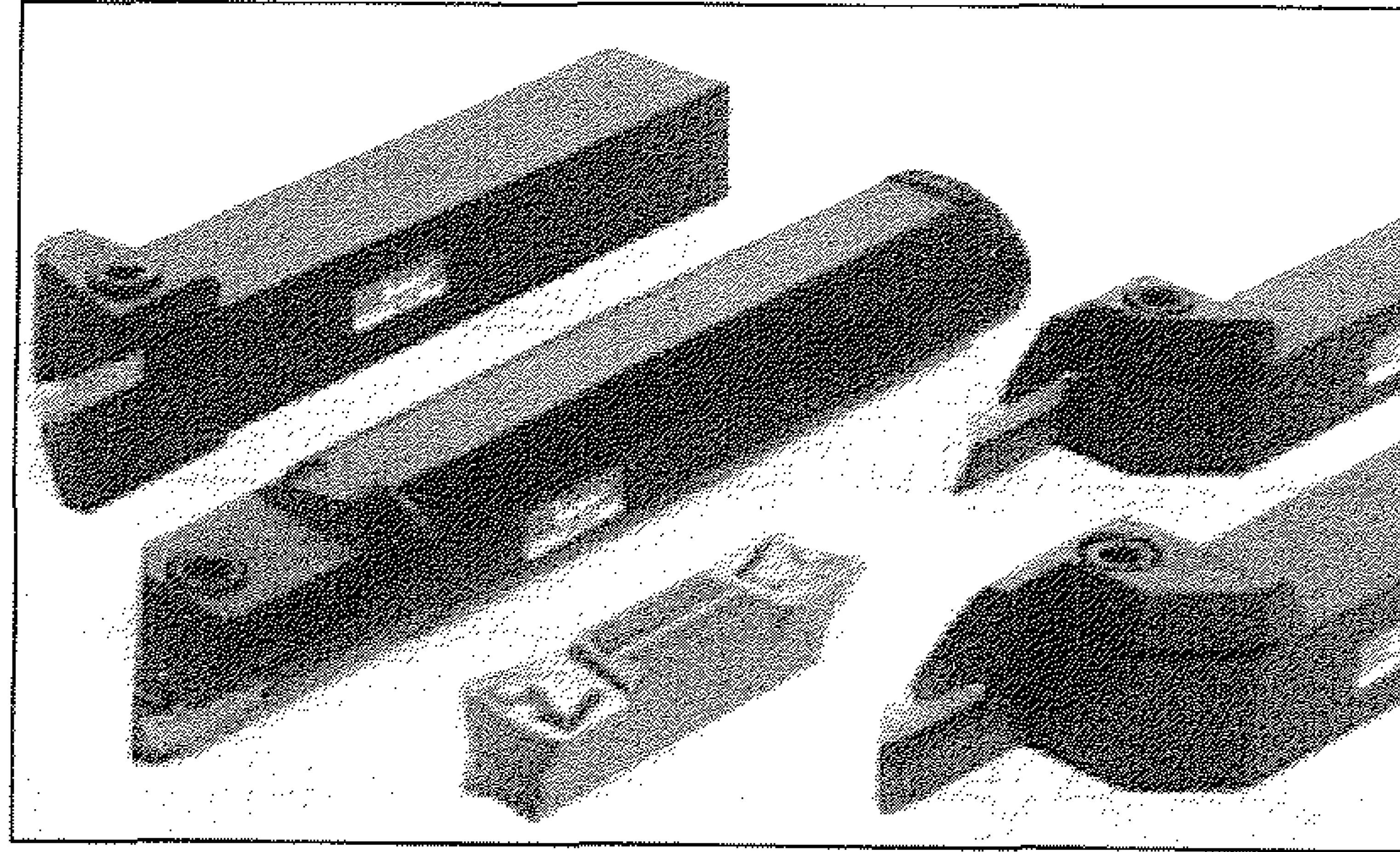
5.3.6 إختيار ماسك العُدة واللُقمة (Tool Holder & Insert Selection) .

تتضمن عُدد قطع الفصل والتحزيز الحديثة ماسك عُدة ولُقمة قابلة للتقسيم طُورت نوعياً لعملية خاصة. أن أكثرية اللُقم المنتجة طوال العقد الماضي كانت قد صممت للعمل بمفهوم ذاتي القبض (*Self Grip*). إن طريقة التثبيت هذه لا تستخدم اللوالب الخارجية أو العتلات لمسك اللُقمة في مكانها كما موضح في الشكل رقم (6- 6)، وبدلاً من ذلك فإنها تعتمد على الجزء الدوار وضغط العُدة لإبقاء اللُقمة في مكانها في حافظة ذات شكل إسفيني (*Wedge-Style Pocket*). أن اللُقم المصممة لهذا النوع من الماسك عادة تكون نهايتها مفردة وهندسيتها تسمح بعمق قطع غير مُحدد.



الشكل رقم (6- 6): ماسكات عُدة ذاتية القبض

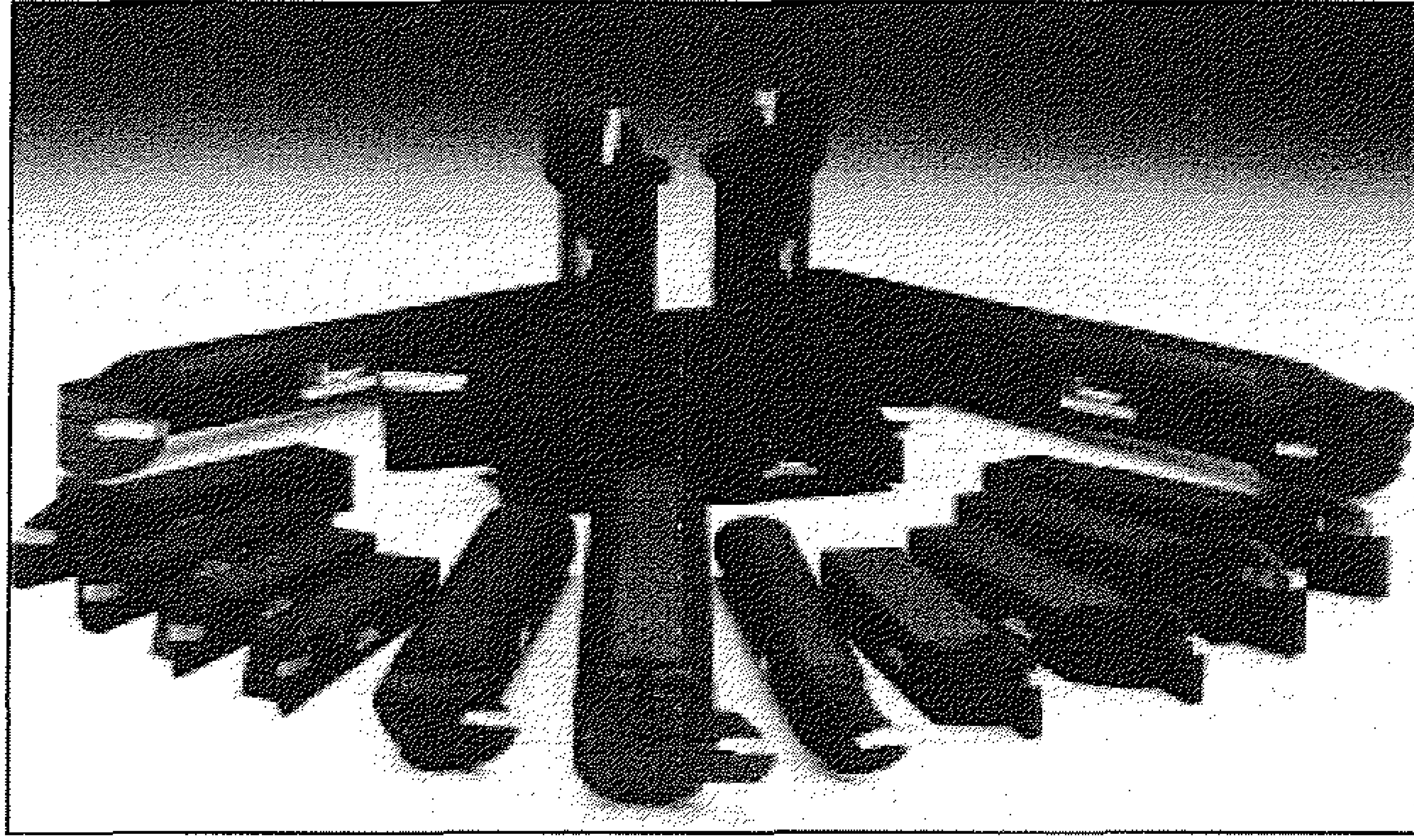
مع اللُقم مزدوجة النهاية، وتسمى كذلك (*Dogbones*) يكون عمق القطع مُحدد بحافة القطع الثانية وكما موضح في الشكل رقم (6- 7)، تستطيع هذه اللُقم فقط القطع أعمق من كل طول اللُقمة. عندما تصل هذه اللُقم إلى العمق، فأن الحافة الخلفية (*Trailing Edge*) سوف تبدأ بالحك داخل الحز الذي صنعته العُدة. إضافة إلى ذلك فأن اللُقم المزدوجة يتم إحكام إغلاقها بواسطة لولب تثبيت قُمي والذي يحد كذلك من عمق القطع وكما موضح في الشكل رقم (6- 7) كذلك.



الشكل رقم (6- 7): ماسك عُدة مزدوجة (Dogbones)

طلاءات لُقم التحزيز والفصل متنوعة من مجهز لآخر ولكن نظام تيتانيوم كاربون نترايد (*Titanium Carbon Nitride*) المنفذ بواسطة ترسيب البخار الفيزيائي (*PVD*) أصبح عملياً المقياس الصناعي للعُدد منخفضة السرعات والتطبيقات الأمتن، وعندما تكون الظروف مستقرة وتتطلب سرعات عالية، فأن

الإختيار الأقرب هو طلاء تيتانيوم- ألمنيوم- نترايد والذي يطبق بواسطة طريقة (*PVD*) أو (*CVD*) متوسطة درجة الجديدة. والسبب هو أن (Ti Al N) يعمل كحاجز حراري جيد لمادة الكاربيد ويستطيع أن يستعمل بدرجات حرارية عالية. الشكل رقم (6- 8) يوضح ماسكات عُدة متنوعة للفصل والتحزيز مع لقم مصلية قابلة للتقسيم.



الشكل رقم (6- 8): ماسكات تحزيز قطر خارجي وداخلي

4.6 توصيات التحزيز والفصل (Grooving & Parting Recommendations).

إن القدرة على قطع وتشغيل الأجزاء على المخرطة بكفاءة يمتلك دائماً أهمية في الحصول على العمل الكامل. حتى في ماكنات القطع ذات الغرض الخاص، تعتبر عُدة الفصل الجيدة في قلب العملية. تزود عُدد التحزيز والفصل ذات اللُقم المقسمة الحديثة اليوم بنفس مستويات قابلية الإنتاج مثلما هو الحال في عُدد الخراطة الحديثة. إن الهدف من عمليات الفصل هو فصل هو قطع جزء واحد للشُغلة من الآخر بكفاءة يعتمد عليها إن أمكن، أما في عمليات التحزيز فأن المبدأ هو نفسه على الرغم من إن هذه العمليات أقل حساسية لأن الحزوز ليست عميقة جداً. في عمليات التحزيز يعتبر الشكل، الدقة، والإنهاء السطحي من المتطلبات الرئيسية التي يجب الحصول عليها. هنالك بعض الملاحظات المهمة من أجل تطبيق عُدد الفصل والتحزيز وهي :

1- إستخدام كمية وافرة من سوائل القطع دائماً.

2- دقة وضع إرتفاع المركز لحافة العُدة.

3- التأكد من أن ماسك العُدة/ الشفرة موضوع بدقة عند (90°) لمحور الشُغلة.

4- إستخدام ماسك عُدة مع أقصر طول ممكن للإدخال لأجل العملية التي نحن بصددها.

5- إختيار أوسع ساق/قضيب لأجل العُدة.

6- تكييف سرعة القطع لتجنب الإهتزازات.

7- إختزال معدل التغذية للجزء النهائي عند الفصل/مادة القضيب/المركبات.

8- للتحزيز المحوري، يتم أولاً عمل قطع عند القطر الأوسع، أبعد ما يكون عن الوجه لإختزال خطورة إنحشار الرايش.

9- إستخدام أصغر زاوية مقدمة ممكنة لأجل تجنب تكون الزوائد المعدنية في عملية الفصل.

10- الإستخدام قدر المستطاع ماسك عُدة مع نصف قطر مقوى بين الساق والشفرة.

5.6 الأسنان اللولبية والتسنين (Screw Threads and Threading).

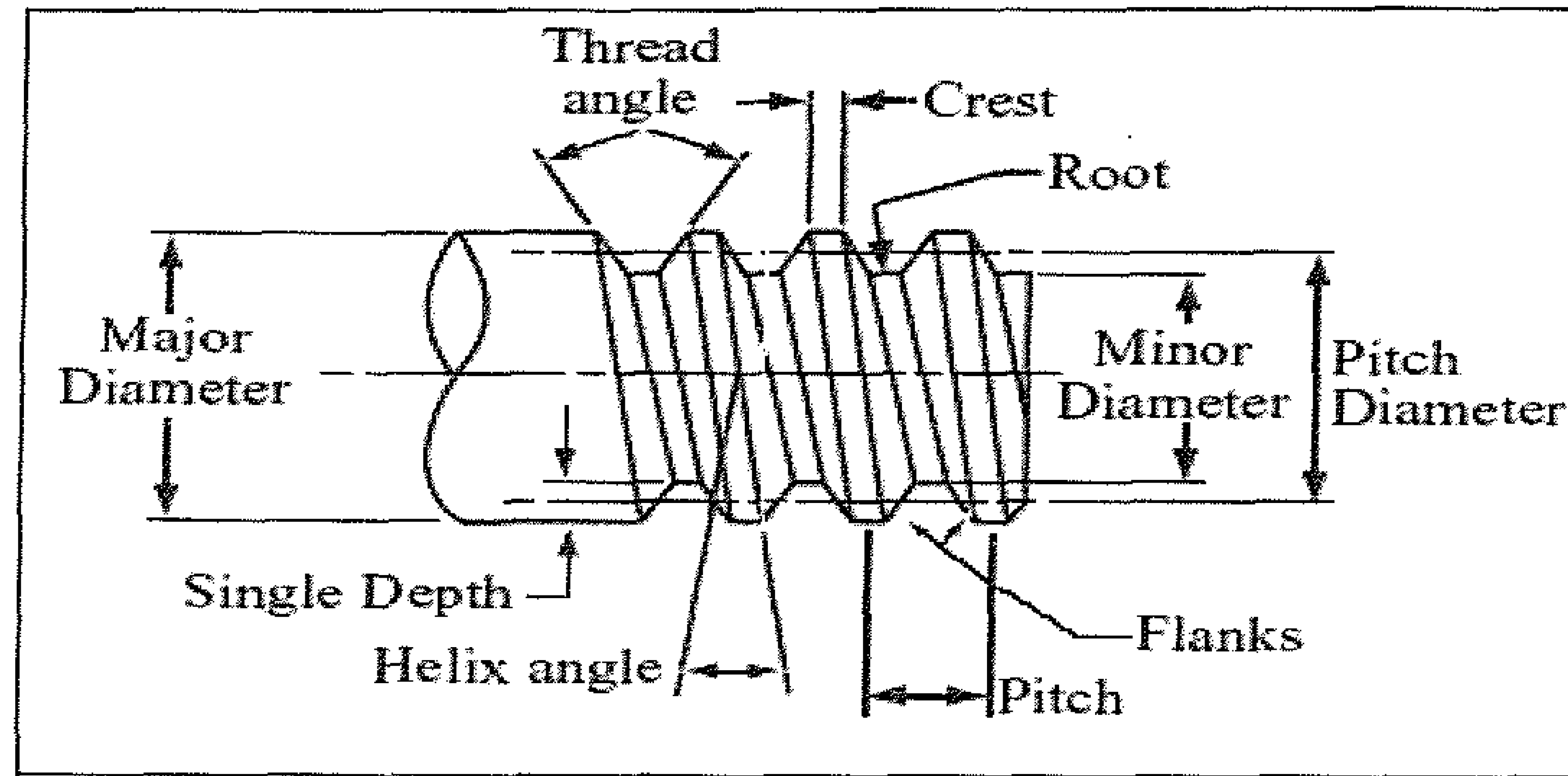
يعود تأريخ الأسنان اللولبية إلى حوالي (250 ق.م) عندما إخترعها العالم أرخميدس (*Archimedes*). ولقرون مضت كانت اللوالب الخشبية تُصنع يدوياً من قِبل الحرفيين المهرة، حيث لم تبدأ الدقة في صناعة اللوالب والأسنان بالظهور إلى أن تم إختراع مخرطة قطع اللوالب (*Screw Cutting Lathe*) بواسطة هنري ماودسلي (*Henry Maudslay*) في عام 1797. وفي أوائل عام 1800، بدأ ماودسلي بدراسة إنتاج أسنان لولبية منتظمة ودقيقة. حتى آنذاك لم يكن هنالك

لولبين متشابهين، حيث قام المصنعون بتصنيع العديد من الأسنان لكل إنج على البراغي والصامولات كي تلائم الغرض المصنعة من أجله. وعلى سبيل المثال قام أحد المصنعين بعمل عشرة أسنان لكل إنج في أجزاء مسننة بقطر نص إنج، والبعض الآخر عمل (12) سن وهكذا. وعلى الرغم من إنه كانت هنالك محاولات عديدة لتوحيد المقاييس الخاصة بالسن ، إلا إنها لم تكتمل حتى الحرب العالمية الأولى حيث تم تطوير مقاييس السن. إن المظهر الجانبي للسن (*Thread Profile*) حدد شكل السن الوطني الأمريكي وكان النوع الأساسي لصناعة السن حتى الحرب العالمية الثانية.

في أثناء الحرب العالمية الثانية قامت الولايات المتحدة بتصنيع معدات عسكرية أُستخدمت فيها شكل السن الوطني الأمريكي (*American National Thread*) والتي أظهرت مشاكل في قابلية التبديل مع المعدات المصنعة في كندا وبريطانيا. وفي عام 1948 وافقت هذه البلدان على شكل السن الموحد (*Unified Thread form*) لإعطاء قابلية تبديل للأجزاء المسننة. إن شكل السن الموحد في حقيقته هو نفس السن الوطني الأمريكي ماعدا كونه يمتلك جذراً مدوراً وقمة مدورة أو مسطحة. شكل السن الموحد هو قابل للتبديل ميكانيكياً مع أداة تشكيل الأسنان الأمريكية الوطنية ولنفس القطر والخطوة، واليوم يعتبر هو الأساس لشكل السن المُصنع والمستخدم في الولايات المتحدة.

1.5.6 مصطلحات سن اللولب (Screw Thread Nomenclature) .

تمتلك أسنان اللولب أبعاد عديدة، ومن المهم في الصناعة الحديثة إمتلاك معرفة علمية بالمصطلحات الفنية لسن اللولب لتعيين وحساب الأبعاد بشكل صحيح. المصطلحات الموضوعة لسن اللولب موضحة في الشكل رقم (6- 9) وهي كالآتي :



الشكل رقم (6- 9): مصطلحات سن اللولب

1- **القطر الأكبر** (Major Diameter).

وهو أوسع قطر للسن ويمثل القطر الخارجي بالنسبة للسن الخارجي ويمثل القطر عند قعر أو جذر السن بالنسبة لداخل السن.

2- **القطر الأصغر** (Miner Diameter).

وهو اصغر قطر للسن، ويقع عند قعر سن في السن الخارجي، ويقع عند القمة (*Crest*) في حالة السن الداخلي.

3- **قطر الخطوة** (Pitch Diameter).

قطر وهمي يمر من خلال الأسنان عند النقطة التي عندها تكون أسماك الحز والسن متساوية. قطر الخطوة أهم بعد على سن اللولب، وهو الأساس الذي تؤخذ منه كل قياسات السن.

4- **الجذر** (Root).

وهو السطح السفلي أو القعر الذي يربط جانبين للسن.

5- **القمة** (Crest).

هي السطح العلوي والذي يربط جانبين للسن.

6- **الخطوة** (Pitch).

هي المسافة الخطية من نقطتين متناظرتين على سنين متجاورتين. الخطوة تساوي واحد مقسوماً على العدد الكلي للأسنان لكل انج (P = 1/ [*number of thread /in*]). السن الذي يمتلك خطوة مفردة مع (16) سن لكل إنج يمتلك خطوة تساوي (1/16)، وبصورة عامة يشار إليها بالتعبير"16- خطوة سن".

7- **الخطوة للجزء المسنن** (Lead).

ويرمز لها بالرمز (L)، وهي المسافة التي يتقدمها الجزء المسنن بدورة واحدة كاملة. في حالة الجزء المسنن مفرد الخطوة فأن خطوة الجزء المسنن (L)= الخطوة (P).

8- **العمق** (Depth).

ويقاس بإتجاه القطر، وهو المسافة بين قمة السن وقعره، وهذه المسافة غالباً تسمى عمق السن.

9- **الوجه** (Flank).

وهو جانب السن.

10- **زاوية السن** (Thread Angle).

وهي الزاوية بين جوانب السن. وكمثال على ذلك، تمتلك أسنان اللوالب الموحدة والمترية زاوية سن مقدارها (60°).

11- **الحلزون** (Helix).

حز منحني يُشكل حول إسطوانة أو داخل تجويف.

12- **السن اليميني** (Right Handed Thread).

هو سن اللولب الذي يحتاج إلى دوران يميني أو بإتجاه عقارب الساعة لشده.

13- **السن اليساري** (Left-Handed Thread).

وهو سن اللولب الذي يحتاج دوران يساري أو عكس إتجاه عقارب الساعة لشده.

14- **توافق السن** (Thread Fit).

مدى الشد أو التراخي بين الأسنان المتعشقة الداخلية والخارجية.

15- **سلاسل السن** (Thread Series).

وهي عبارة عن مجاميع لتجمعات القطر والخطوة، والتي تتميز فيما بينها بواسطة عدد الأسنان لكل إنج مطبقة لقطر ثابت. والمجموعتان الشائعة الإستخدام في الصناعة هي الخشنة والناعمة.

2.5.6 شكل السن الموحد (Unified Thread Form).

يمتلك سن اللولب الموحد زاوية سن مقدارها (60°) مع جذر مدور وقمة مسطحة أو مدورة. وكما ذكرنا سابقاً فان هذا الشكل هو شكل السن الأساسي الذي أُستخدم لأجل أدوات الربط المستخدمة في الولايات المتحدة. نظام أسنان اللولب الموحد يتضمن ستة سلاسل أسنان رئيسية هي :

1- الموحد الخشن (Unified Coarse-UNC).

2- الموحد الناعم (Unified Fine-UNF).

3- الموحد بالغ النعومة (Unified Extra-Fine-UNEF).

4- الموحد ثماني الخطوة (Unified 8-Pitch = 8UN).

5- الموحد أثنا عشر خطوة (Unified 12-Pitch-12UN).

6- الموحد ستة عشر خطوة (Unified 16-Pitch-16UN).

وفيما يلي وصف لهذه السلاسل.

1- **سلاسل السن الخشن** (UNC).

وهي واحدة من أكثر السلاسل شيوعاً في الإستخدام على الصامولات، البراغي، واللوالب. وتستخدم عندما تحتاج مواد ذات مقاومة شد واطئة، ألمنيوم، حديد الزهر، البراص، واللدائن تحتاج أجزاء ملولبة. تمتلك الأسنان الخشنة أكبر عمق سن والذي يكون مطلوب في هكذا مواد لمنع إقتلاع الأسنان الداخلية.

2- **سلاسل السن الناعم** (UNF).

وتستخدم في المواد ذات مقاومة الشد العالية والتي لا تحتاج أسنان خشنة. وبسبب إمتلاكها أسنان أكثر لكل إنج، فأنها تستخدم حيثما تكون هنالك حاجة لأقصى طول تعشيق بين الأسنان الخارجية والداخلية.

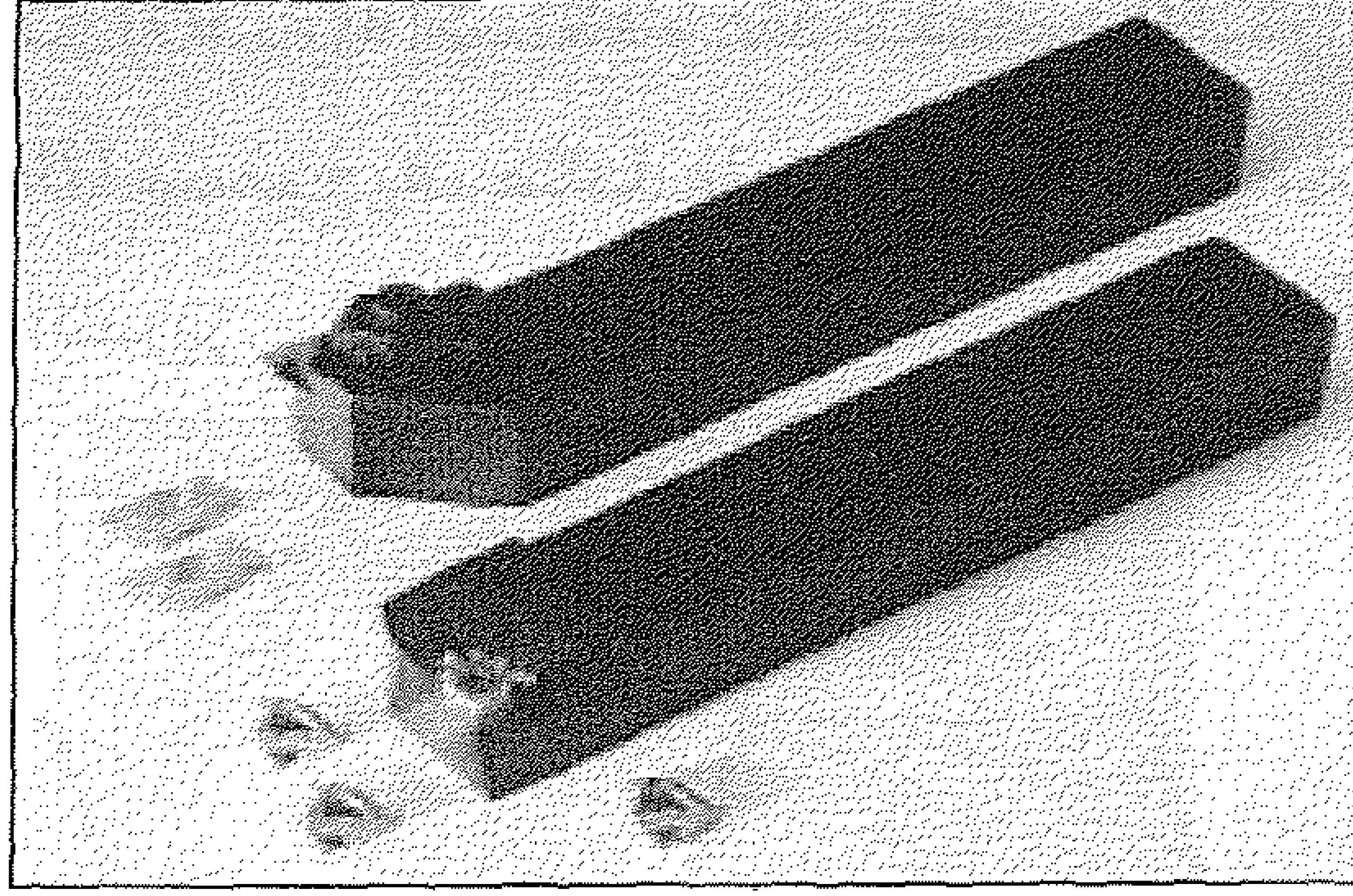
3- **سلاسل السن فائقة النعومة** (UNEF).

تستخدم أيضاً عندما تكون هناك حاجة لأطوال تعشيق كبيرة في المواد النحيفة.

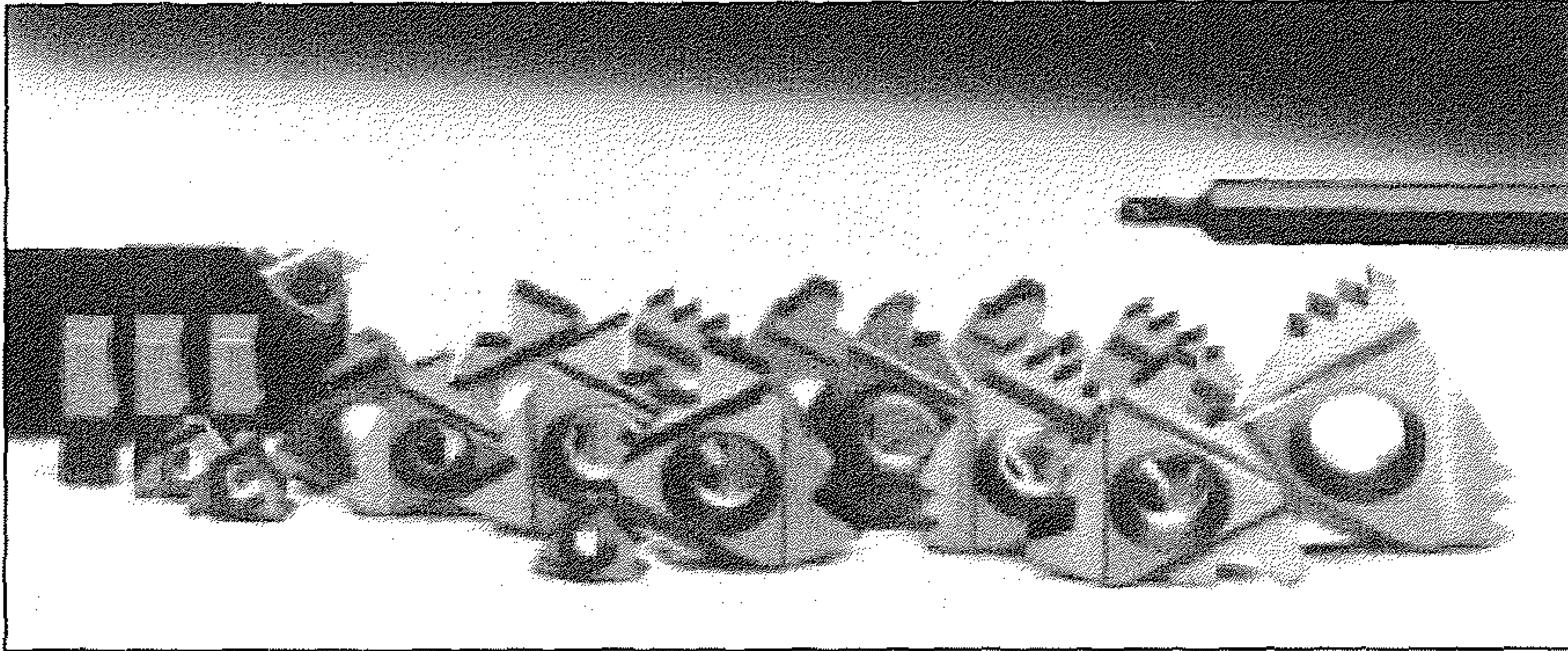
4- **سلاسل أسنان الخطوة** (16,22,8).

وتستخدم على الأسنان واسعة القطر والتطبيقات خاصة. السن ثماني الخطوة يعتبر بشكل عام كسن خشن لأقطار واسعة. السن 12 خطوة هي سلاسل ناعمة و 16 خطوة هي أسنان فائقة النعومة تستخدم على الأسنان واسعة القطر. إن العلاقة بين قطر الخطوة والقطر الأكبر تحدد زاوية الحلزون (*Helix Angle*) لذلك السن. كمثال على ذلك، سن 12 خطوة (12*UN*) مع قطر أكبر ("1.25) سوف يمتلك زاوية حلزون أكبر من 12 خطوة مع قطر أكبر ("2). وبكلام عام، زاوية الحلزون الأوطأ تعني تطبيق أكبر إجهاد شد للبرغي ولعزم مُحدد يطبق للصامولة. إن أداة الربط التي تمتلك زاوية حلزون منخفضة سوف

تقاوم الإهتزاز والتراخي بكفاءة أكبر. الشكل رقم (6- 10) يوضح ماسك تحزيز وتسنين. والشكل رقم (6- 11) يوضح لقم تسنين وتحزيز متنوعة.



الشكل رقم (6- 10): ماسكات عُدة تحزيز وتسنين

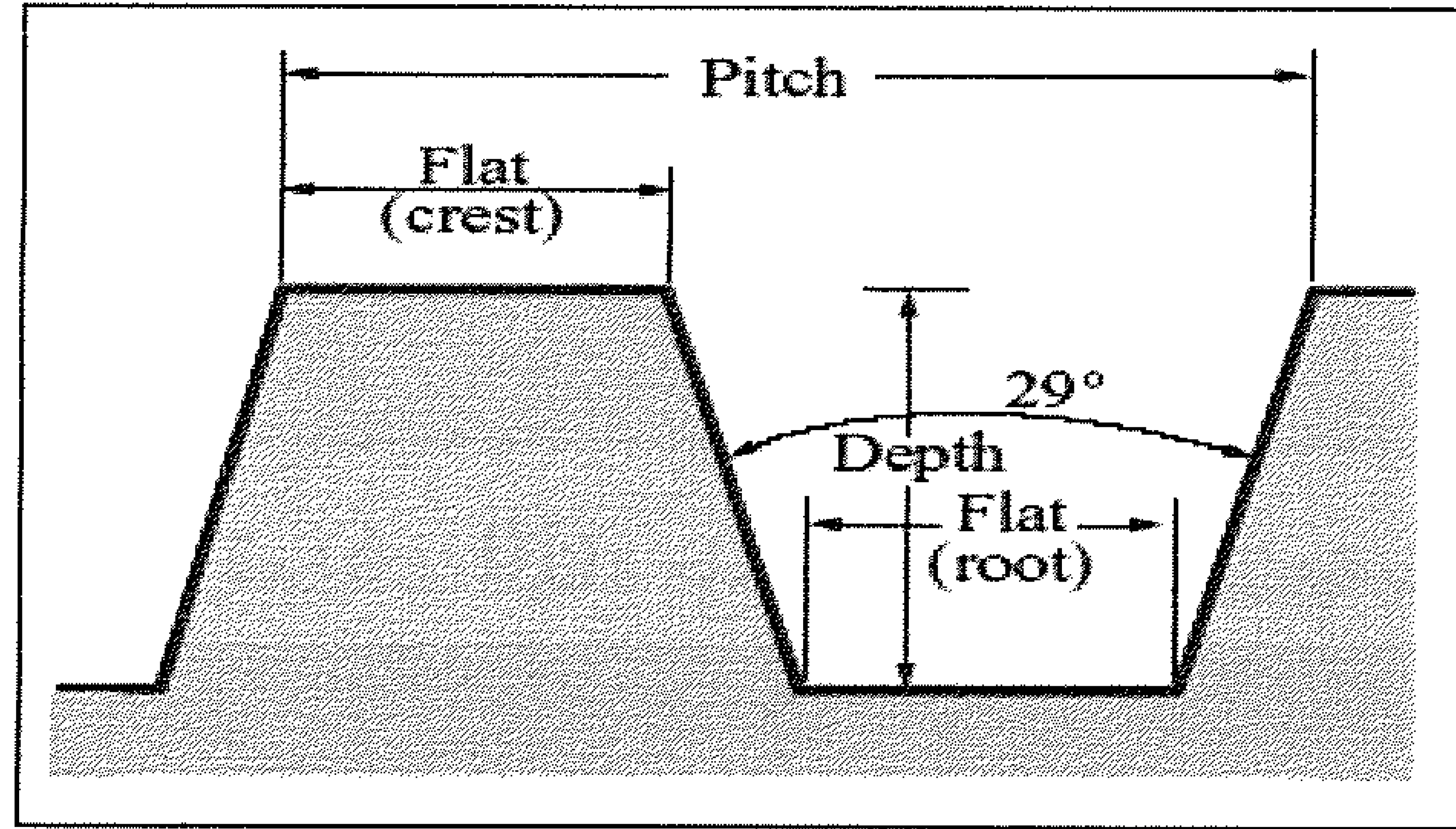


الشكل رقم (6- 11): لقم تحزيز وتسنين متنوعة

3.5.6 الأسنان اللولبية المنبسطة (Acme Screw Threads).

تم صنع الأسنان اللولبية المنبسطة للتراكيب التي تتطلب نقل أحمال ثقيلة. وتستخدم لنقل الحركة في كل أنواع عُدد الماكنة، الرافعات النقالة (*Jacks*)، القامطات القوسية الواسعة (*Large C- Clamps*)، والملازم (*Vises*). تمتلك الأسنان اللولبية المنبسطة زاوية سن مقدارها (29°) وسطح منبسط واسع عند اللقمة والجذر كما في الشكل رقم (6- 12). لقد صممت اللوالب المنبسطة لتحل محل السن المربع والذي يكون صعب التصنيع. هنالك ثلاثة أصناف

للأسنان المنبسطة (4G, 3G, 2G) وكل واحد من هذه الأصناف يمتلك خلوص على كل الأقطار لإعطاء حركة حرة. أسنان الصنف (2G) تستخدم على أكثر التراكيب. الأصناف (4G, 3G) تستخدم عندما يكون أقل تراخي (*Looseness*) أو تفويت (*Backlash*) مسموح به، مثلما على عمود السحب في المخرطة أو لولب المنضدة في ماكنة التفريز.



الشكل رقم (6- 12): سن لولبى منبسط عام الغرض

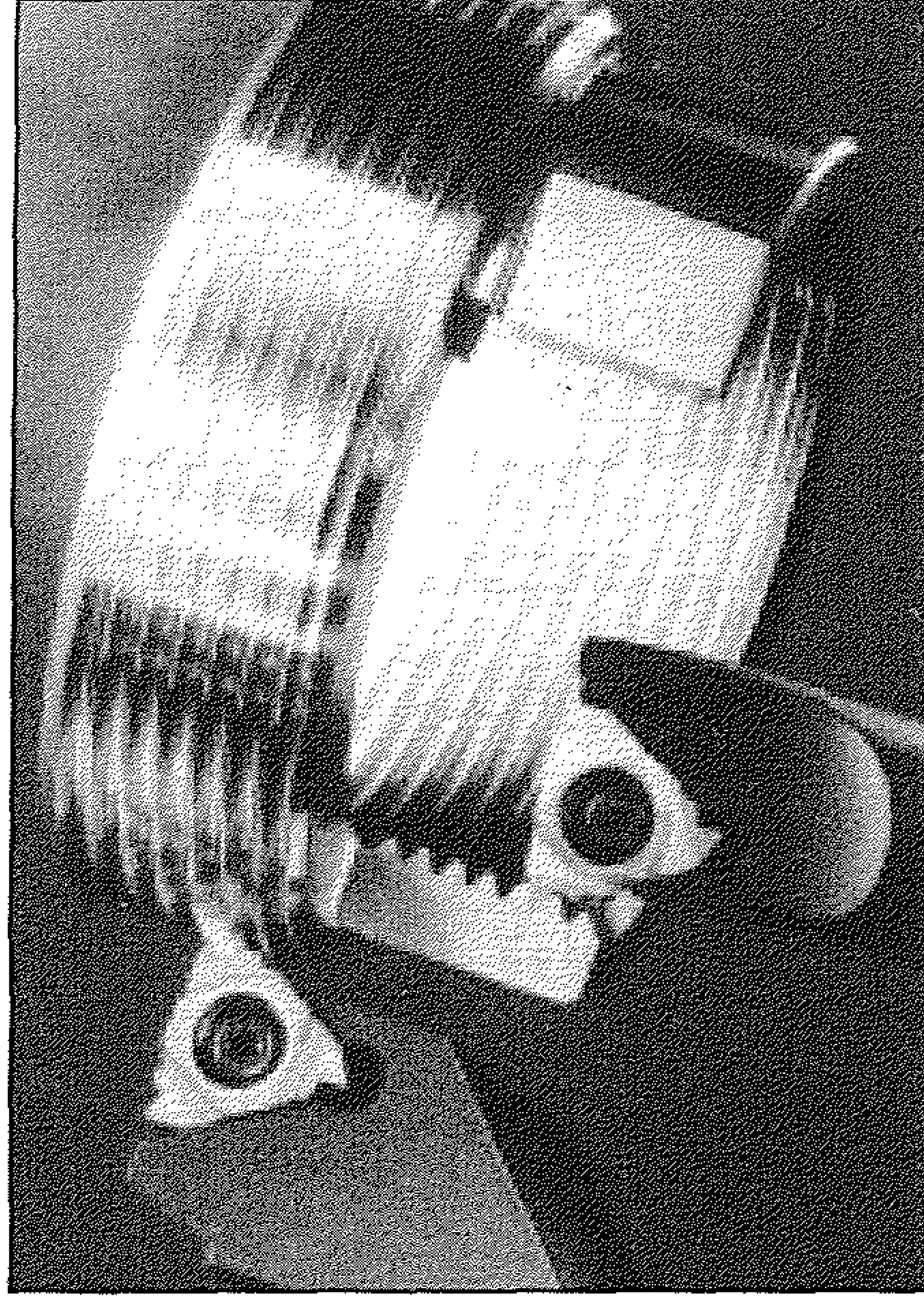
4.5.6 الأسنان الإنبوبية المستدقة (Tapered Pipe Threads) .

وتسمى عادة (*National Pipe Taper- NPI*)، وهي أسنان مستدقة تستخدم للوصلات مانعة التسرب الملولبة مثل أنابيب الماء والهواء. معظم الأسنان الأنبوبية تمتلك طرف مستدق بشكل خفيف (3/4- *in./ft*) وتُقطع مستخدمة سدادات إنبوبية وقوالب خاصة. الأسنان الإنبوبية يمكن أن تُشغل كذلك بإستخدام رباط مستدق على ماكنة المخرطة.

6.6 خراطة السن (Thread Turning) .

لقد مر تطور عُدد التسنين بمراحل طويلة منذ أيام لُقم العُدة عالية السرعة والمستدقات المجلخة لشكل، والتي كانت تغذى ببطئ على طول عمود سحب المخرطة. وينجز معظم التسنين اليوم بواسطة عُدد ذات لُقم قابلة للتقسيم كجزء من عملية الخراطة الرقمية (*CNC*) السريعة جداً. الجزء النموذجي الذي يحتاج

سن يشغل بشكل تكراري مع دورات ثابتة لسيطرة رقمية وآلية تشغيل أخرى متنوعة، يستخدم فيها عُدد تمتلك شكل السن اليميني. عملية تسنين للقطر الداخلي والخارجي مع لقم مطلية قابلة للتقسيم موضحة في الشكل رقم (6- 13). إن المبدأ الأساسي لقطع السن مفرد الاتصال هو حركة تغذية العُدة بالنسبة لدوران الشُغلة.



الشكل رقم (6- 13): عملية تسنين للقطر الخارجي والداخلي

النقطة أو الإتصال يولد حز حلزوني نموذجي والذي يعمل سن اللولب مع خطوة محددة. بشكل أساسي، التسنين هو عملية خراطة منسقة جيداً مع عُدة التشغيل. أثناء مراحل التغذية، تتحرك العُدة طولياً على طول الشُغلة بعد ذلك تُسحب وترجع للوراء لوضع البدء للمرحلة التالية على نفس حز السن. معدل التغذية هو بمثابة العامل المفتاح الذي يتزامن مع خطوة السن. ويتم الحصول على التناسق بواسطة وسائل متنوعة إعتماداً على نوع الآلة، عمود السحب، التحكم بالحدبة أو التحكم الرقمي (عادة يستعمل كبرنامج فرعي (*Sub-Routine*) في

مكائن (CNC)). إن شكل أو هيئة الحز المنتج يحدد بواسطة شكل رأس اللُقمة ومعدل التغذية يمكن إعتباره أعلى من عمليات الخراطة التقليدية.

زاوية رأس العُدة (*Point Angle*) الأصغر نسبياً (60٪) تجعل حافة القطع عرضة لقوى وإجهادات قطع المعدن. ولمقاومة هذا الشيء، تم إنشاء طريقة طويلة لإستخدام عمق السن لتحديد عمق القطع، وتجنب التشغيل على شوط واحد (*One Pass*). عوضاً عن ذلك، يشغل العمق في عِدة أشواط . عُدة القطع توسع حز السن بواسطة القطع أعمق فأعمق، عادة بواسطة صنع (5- 16) شوط ، إعتماداً على خطوة السن. عند صنع شوط تُزال المادة أكثر فأكثر لكل قطع حيث يتعشق جزء أكبر للحافة. لهذا السبب نختزل عمق القطع بنجاح حالما تتكون الأشواط. من الأفضل إمتلاك تغذيات نصف قطرية والتي تقل عندما تنجز الأشواط. عدد الأشواط المغذاة يجب أن يكون متوازن لإعطاء الحافة مع قطع كافي وغير مفرط داخل الشُغلة. قوة القطع الكبيرة جداً مع عمق قطع غير كافي أو ملائم يقود إلى بلى العُدة السابق لأوانه.

1.6.6 أسنان اليد اليمنى واليسرى (Left & Right Hand Threads) .

إن الإختلاف في الإتجاه بين الأسنان أو اليمنى لا يؤثر على هيئة السن، ولكن له بعض التأثير على إختيار وتجميع العُدد. طريقة قطع السن تعتمد على تصميم الشُغلة. إن التشغيل بإتجاه الظرف هي الطريقة الأكثر شيوعاً ، ولكن رغم ذلك فأن التشغيل بعيداً عن الظرف هو كذلك طريقة مرضية في كثير من الحالات. إن الميزة في إستخدام عُدد اليد اليمنى لأسنان اليد اليمنى وعُدد اليد اليسرى لأسنان اليد اليسرى هو أن الماسك صمم لإعطاء أقصى إسناد للُقمة. ولكن تحت ظروف القطع الإعتيادية ، هذا الأمر ليس حرجاً ومن الأفضل على أية حال، إستخدام لُقم بصورة دائمة مع ماسكات لنفس اليد.

2.6.6 إختيار الماسكات واللُقمة (Tool Holders & Insert Selection)

مقارنة مع الخراطة العادية فأن العُدد وعوامل التشغيل للتسنين ليست مرنة للغاية. وهذا الشيء يعود بشكل رئيسي إلى كون التغذية تتناسب للخطوة، عمق القطع يقسم إلى أشواط ، وسرعة القطع مُحددة بسبب حافة القطع المستدقة . اللُقم القابلة للتقسيم متوفرة للتسنين الداخلي والخارجي. لُقم التسنين الداخلي هو صورة مرآة للُقم الخارجية المماثلة لها. كل من اللقم الداخلية والخارجية متوفرة في أنماط يسرى ويمنى . بما إن التفاوتات وهندسيات القطع تختلف بين اللُقم الخارجية والداخلية فمن المهم أن تؤخذ بنظر الإعتبار ولا يتم إهمالها.

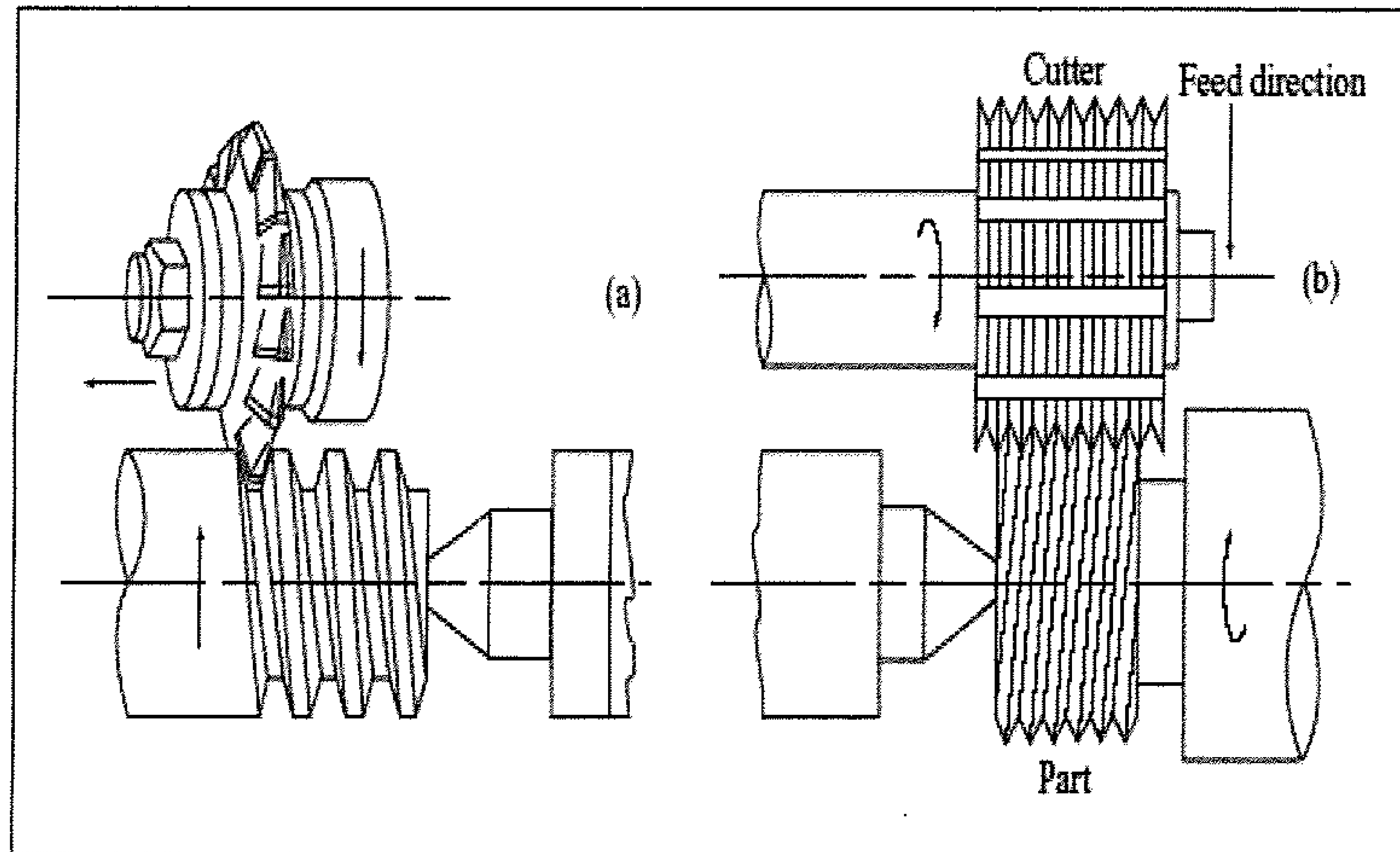
3.6.6 لُقم التسنين المطلية (Coated Threading Inserts) .

إن التطور في عُدد خراطة السن، أصبح كبيراً أثناء الثلاثين سنة الماضية، منذ تقديم أولى اللُقم المنبسطة مع مكون رايش سائب مُثبت على قمة اللُقم. اللُقم الحديثة اليوم تنفذ بعيداً عن معظم المشاكل الممكن أن تظهر مع لُقم التسنين العادية. وهذا الشيء يجعل التسنين يشبه كثيراً عملية الخراطة. اللُقم المطلية بطريقة الترسيب الفيزيائي للبخار (*PVD*) متعددة الأغراض تسمح بمدى سرعات واسع بين المساحة المميزة بواسطة تكوين الحافة المتراكمة (*BUE*) عند سرعات واطئة والتشوه اللدن عند السرعات العالية. يضم التسنين العديد من سلاسل القطع وغالباً سرعات قطع منخفضة خلال التشغيل. أكبر أهمية في التسنين هي قدرة عُدة القطع لإبقاء الميل لتكون حد القطع الناشئ بأقل قيمة ممكنة أو منعها كلياً بالإعتماد على مادة الشُغلة. حافة القطع الناشئ سوف تسبب إنهاء سطحي رديء وأخيراً تؤدي إلى كسر الحافة وفشل العُدة.

7.6 تفريز السن (Thread Milling) .

بُنيت طريقة تفريز السن من أجل تصنيع أسنان لولبية دقيقة ولسنوات عدة. اللوالب الطويلة مثل أعمدة السحب في المخارط، والأسنان متعددة البدء تصنع

غالباً بواسطة التفريز. ينفذ تفريز سن لولبي مع قاطع تفريز مفرد أو متعدد الخطوات حيث يُغذى القاطع الدوار داخل الشُغلة للعمق المطلوب. بعد ذلك تدور الشُغلة وتُغذى طولياً عند المعدل الذي سوف ينتج خطوة الجزء المسنن (*Lead*) على الجزء كما هو في الشكل رقم (6- 14). أي صنف توافق أو شكل سن يمكن أن يصنع بواسطة عملية تفريز السن.

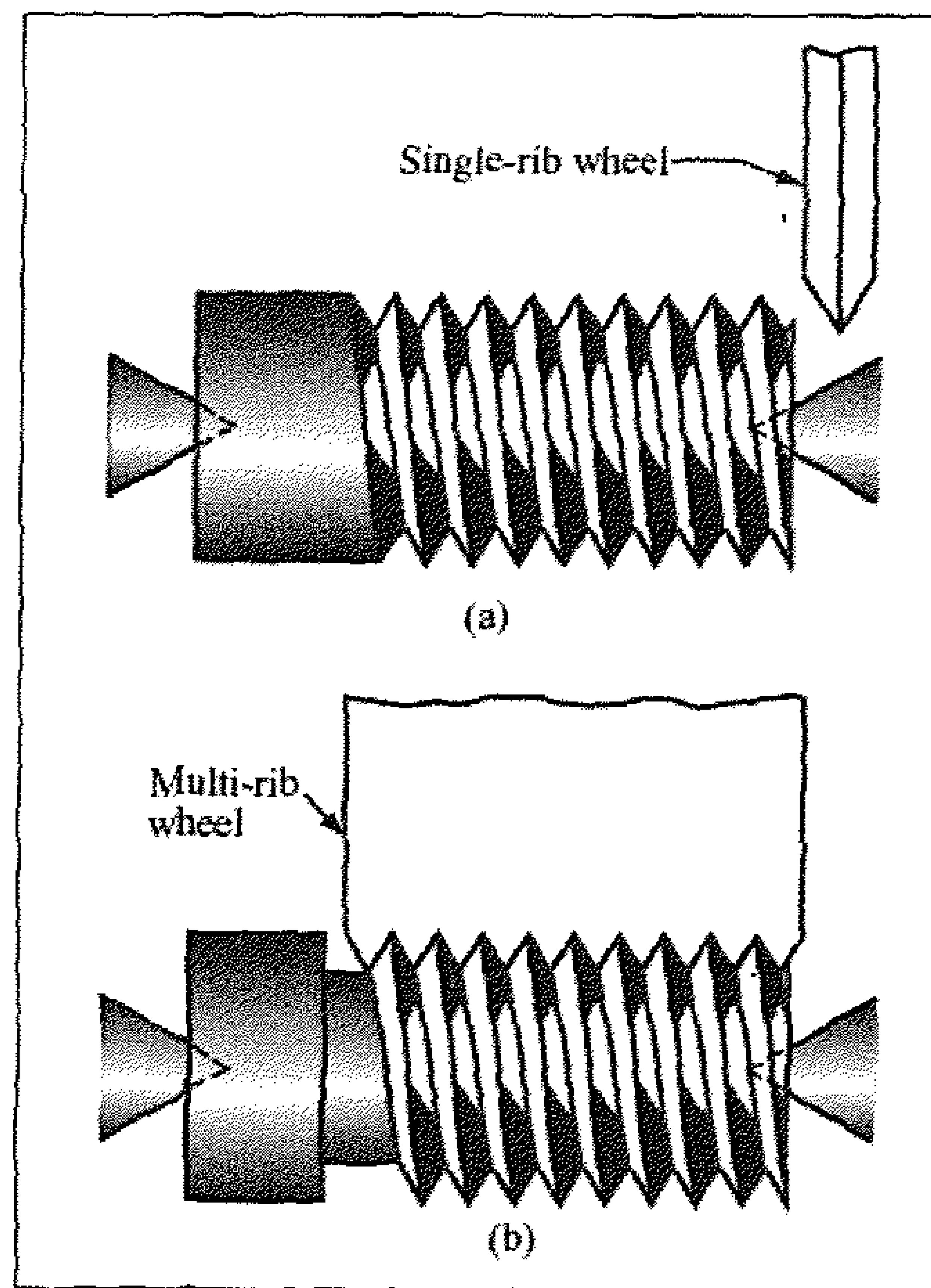


الشكل رقم (6- 14): عملية تفريز سن خارجي a - صف مفرد b- صف متعدد

8.6 تجليخ السن (Thread Grinding).

إن عملية تجليخ سن اللولب يتم تنفيذها بشكل عام عندما تكون صلادة المادة عالية مما يجعل قطع السن مع قالب أو عدة مفردة الرأس غير عملي. الأسنان المجلخة تكون ذات دقة كبيرة وسطوح فائقة الإنهاء مقارنة بالتي يتم الحصول عليها عن طريق عمليات قطع السن الأخرى. السدادات الملولبة (*Taps*)، ممشطات أسنان اللولب (*Thread Chasers*)، مُحدد قياس الأسنان، وأعمدة الدوران المايكروية كلها تستخدم الأسنان المجلخة.

يتم إنتاج الأسنان المجلخة بواسطة آلات تجليخ السن، والتي تشبه كثيراً المجلخ الإسطواني من حيث المظهر، حيث أنها تدمج عمود السحب الدقيق لإنتاج الخطوة الصحيحة أو خطوة الجزء المسنن على الجزء المسنن. تمتلك آلات تجليخ السن كذلك وسائل تسوية (*Dressing*) أو تقويم (*Truing*) محيط القطع لقرص التجليخ بحيث إنه سوف ينتج شكل سن دقيق على الجزء. أقراص التجليخ المستخدمة في إنتاج أسنان مجلخة تكون أما مفردة الحك (*Single-rib*) أو متعددة الحك (*Multiple-rib*) كما في الشكل رقم (6- 15) . الأنواع مفردة الحك تستخدم لتجليخ الأسنان الطويلة والتغذية طولياً لطول السن المطلوب. ويستخدم النوع متعدد الحك بصورة عامة لتشكيل الأسنان القصيرة. هذا النوع من الأقراص يغطس داخل الشُغلة لإنتاج السن. التسنين الداخلي أو اللولبة الداخلية (*Tapping*) سوف تناقش في فصل لاحق كجزء من عمليات صنع الثقب.



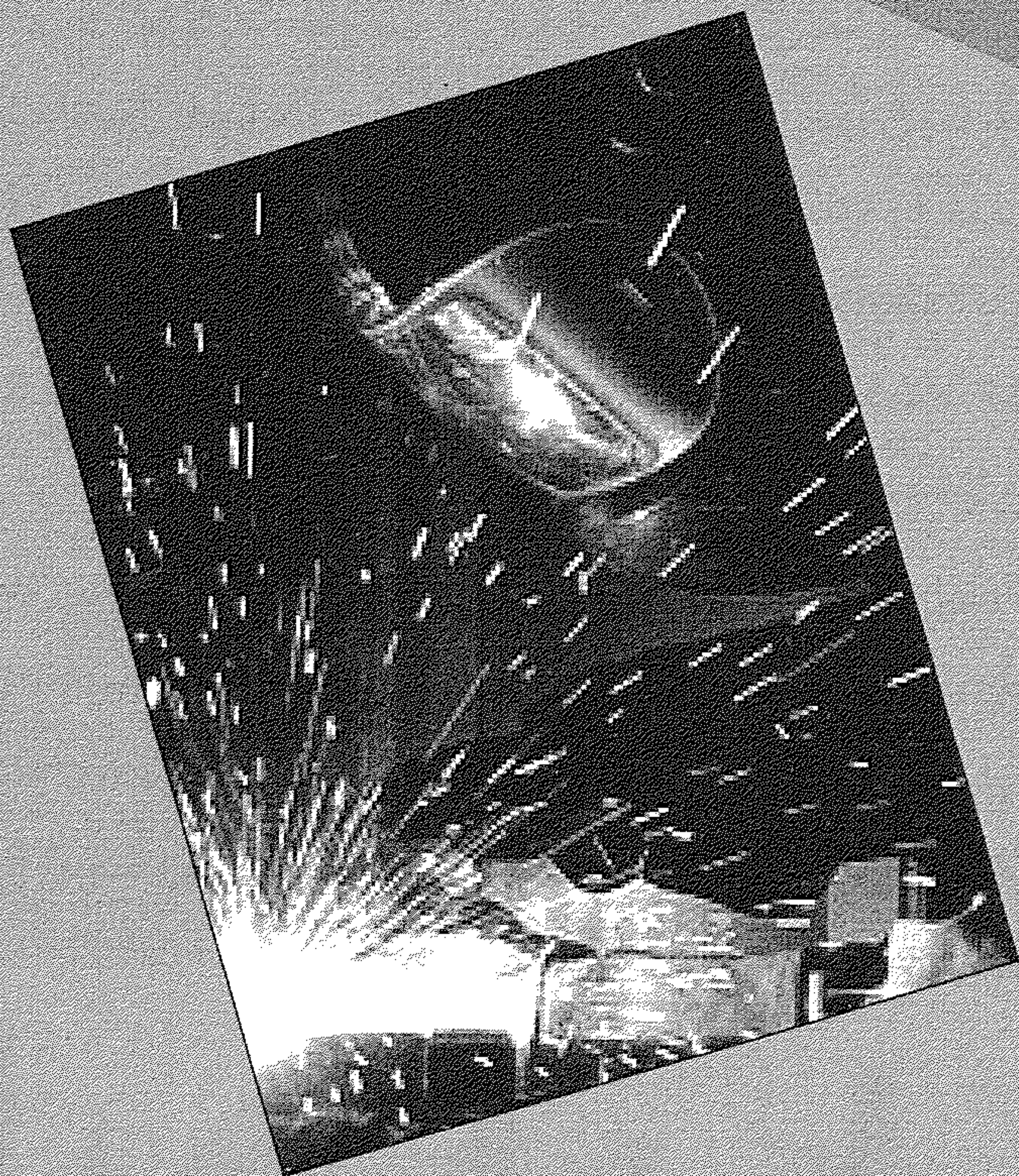
الشكل رقم (6- 15): أقراص تجليخ الأسنان

a- مفردة الحك b- متعددة الحك

الفصل السابع

عمليات القشط

Shaping and Planing



7

الفصل السابع

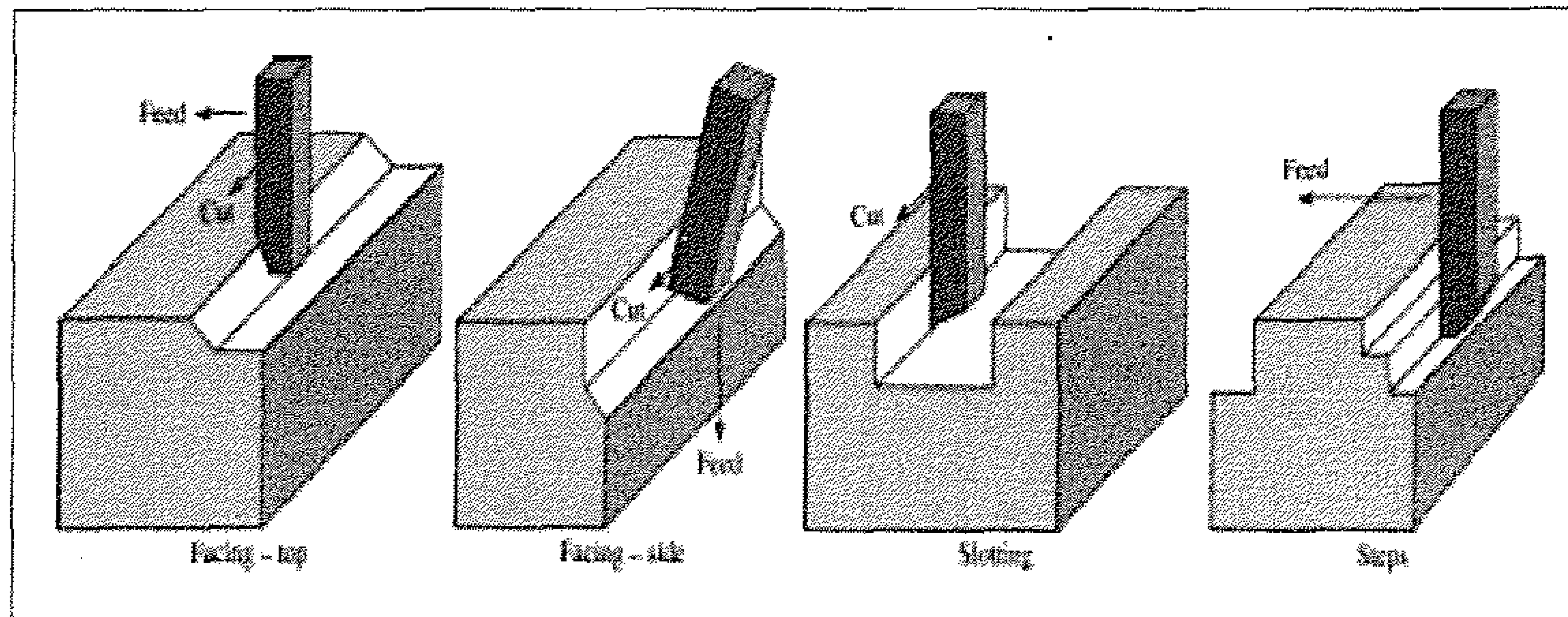
عمليات القشط

Shaping and Planing

1.7 المقدمة (Introduction) .

كل من المقشطة النطاحة (*Shaper*) ومقشطة العربة (*Planer*) هي عُدد ذات حد قاطع مفرد، حيث تقطع في خطوط مستقيمة فقط. كلا النوعين من المقاشط تعمل نفس أنواع المقطوعات. تعالج المقشطة النطاحة الشُغلات الصغيرة نسبياً بينما مقشطة العربة تعالج الشُغلات التي تزن عدة أطنان. يُصنع شوط القطع (*Cutting Stroke*) في المقشطة النطاحة بواسطة حركة لُقمة العُدة المربوطة بالتمساح (*Ram*)، بينما شوط القطع في مقشطة العربة يُنجز بواسطة حركة الشُغلة تحت لُقمة العُدة الثابتة.

أنواع المقطوعات التي تنجز بكلا النوعين من المقاشط موضحة في الشكل رقم (7- 1). كل من المقشطة النطاحة ومقشطة العربة تقطع عادة في إتجاه واحد، بحيث يضيع الوقت في شوط الرجوع (*Return Stroke*). على أية حال، فأن شوط الرجوع يتم جعله أسرع بمرتين من شوط القطع لتقليل الوقت الضائع في الرجوع.



الشكل رقم (7- 1) : قطوعات نموذجية يتم عملها بكلا النوعين من المقشطة النطاحة والعربة

2.7 المقشطة النطاحة (The Shaper) .

المقشطة النطاحة هي آلة بسيطة نسبياً. تستعمل غالباً وبشكل كبير في الورش أو تشغيل قطعة أو أثنين للعمل النموذجي الأولي. العُدد المجهزة لهذه المقاشط بسيطة، والمقاشط لا تحتاج دائماً إلى إنتباه المشغل عند القطع. هنالك نوعين رئيسيين من المقاشط النطاحة هما المقشطة النطاحة الأفقية والمقشطة النطاحة العمودية .

1.2.7 المقشطة النطاحة الأفقية (Horizontal Shaper) .

وهي من أكثر الأنواع شيوعاً ومركباتها الأساسية موضحة في الشكل رقم (7- 2). وفيما يلي وصف لهذه المركبات.

1- **التمساح** (Ram) .

التمساح أو المكبس ينزلق ذاباً وإياباً في سكك مربعة أو تعشيق دوفتيل (*Dovetail*) لنقل القدرة للقاطع. يمكن التحكم بنقطة البداية وطول المشوار.

2- **رأس العُدة** (Tool Head) .

يثبت رأس العُدة بأحكام للتمساح على صينية دائرية بحيث يمكنه الدوران لصنع القطوعات الزاوية . كذلك يمكن أن يتحرك رأس العُدة للأعلى وللأسفل بواسطة ذراع التدوير اليدوي من أجل تعديلات العمق الدقيقة. يربط لرأس العُدة مقطع ماسك العُدة، والذي يمتلك موقع العُدة (*Tool Post*) وهو يشبه بشكل كبير المُستخدم على ماكنة المخرطة. المِكبح الذي يمسك موقع العُدة يمكن أن يدور بدرجات قليلة بحيث يمكن وضع القاطع بدقة في القطع.

3- **صندوق العُدة المتأرجح** (Clapper Box) .

وهو صندوق ربط عُدة القطع ويُحتاج إليه في المقشطة بسبب كون القاطع يُسحب فوق الشُغلة في شوط الرجوع. يكون صندوق العُدة المتأرجح مفصلي

التركيب بحيث لا تتعرض العُدة للإحتكاك، وغالباً هذا الصندوق يُرفع آلياً أما ميكانيكياً أو هيدروليكياً.

4- **المنضدة** (Table).

تتحرك المنضدة عادة لليمين ولليسار بواسطة اليد لوضع الشُغلة تحت القاطع عندما ينصب. بعد ذلك يتم تحريكها جانبياً بواسطة اليد أو آلياً لتغذية الشُغلة تحت القاطع عند نهاية وبداية كل شوط.

5- **السرج** (Saddle).

يتحرك السرج للأعلى وللأسفل (المحور- y)، عادة بواسطة اليد لوضع الموقع الخشن لعمق القطع. العمق النهائي يمكن أن يوضع بواسطة ذراع التدوير على رأس العُدة.

6- **العمود** (Column).

يسند العمود التمساح والسكك مقابل السرج.

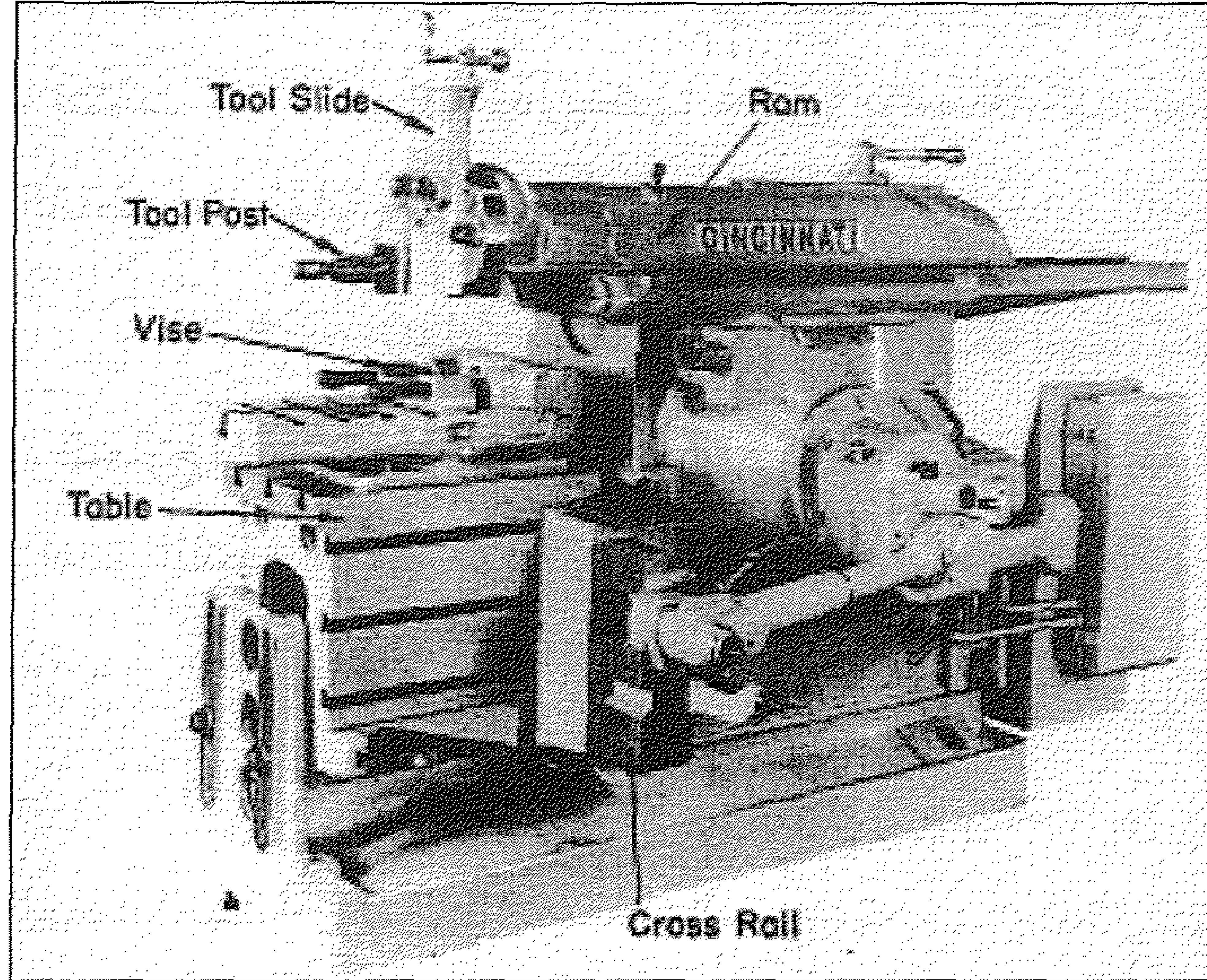
7- **ماسكات العُدة** (Tool Holders).

وهي مشابهة لتلك المستخدمة في ماكنة المخرطة، على الرغم من كونها غالباً أكبر حجماً. يُسن القاطع بزاوية جرف وخلوص مشابهة لعُدد المخرطة. على الرغم من إن الزاويتين تتشابه في القشط بسبب إن سطح العمل يكون مستوي. هذه القواطع تربط بأحكام داخل ماسك العُدة، تماماً كما في المخرطة ولكن بمستوي عمودي.

8- **تثبيت الشُغلة** (Work Holding).

يتم تثبيت الشُغلة عادة في ملزمة أو منجلة (*Vise*) صُممت خصيصاً للإستعمال في المقاشط النطاحة، وتمتلك سكك طويلة تسمح للفكوك بأن تنفتح بمقدار (14") أو أكثر، لذلك يمكن تثبيت قطع واسعة فيها. يمكن أن

تحتوي الملزمة على قاعدة مفصلية (*Swivel Base*) تمكنها من القطع الزاوي. الشُغلة التي لايمكن أن تثبت في الملزمة نتيجة لحجمها أو شكلها، يتم ربطها مباشرة لمنضدة المقشطة بطريقة مشابهة كثيراً للأجزاء التي تربط على مناضد ماكنة التفريز.



الشكل رقم (7- 2): المقشطة النطاحة الأفقية

1.1.2.7 أبعاد المقشطة النطاحة (Shaper Dimensions).

وتضم أبعاد هيكل المقشطة الرئيسية وهي حجم المقشطة وعرضها إضافة الى ارتفاعها.

1- **حجم المقشطة النطاحة** (Shaper Size).

يمثل حجم المقشطة أقصى طول للشوط يمكن أن يُنجز بواسطة المقاشط الأفقية، ومعظمها يعمل غالباً مع أشواط تتراوح بين ("16 -"24). كذلك تتوفر مقاشط أصغر وأوسع في الحجم. تستخدم هذه المقاشط محركات ذات قدرة حصانية (*5hp-2hp*) لإدارة الرأس والتغذية الآلية.

2- **عرض المقشطة** (Shaper Width).

أقصى عُرض يمكن أن يُقطع يعتمد على حركة المنضدة المتوفرة. معظم المقاشط تمتلك سعة عرض مساوية لطول الشوط أو أكبر منه. أقصى إرتفاع عمودي متوفر هو حوالي ($12^{''}$ -$15^{''}$).

2.1.2.7 آليات الإدارة (Drive Mechanism) .

تتوفر المقاشط النطاحة بآليات إدارة ميكانيكية أو هيدروليكية. والشكل رقم (7- 3) يوضح كلا النوعين من الإدارة.

1.2.1.2.7 الإدارة الميكانيكية (Mechanical Drive).

المقشطة قليلة الكلفة، والتي يتم شراءها غالباً تستخدم الإدارة الميكانيكية. تستخدم هذه الإدارة آلية ذراع التدوير (*Crank Mechanism*) والموضحة في الشكل رقم (a-3-7). الترس الأكبر يُقاد بواسطة الترس الأصغر والذي يُربط إلى عمود المحرك خلال صندوق التروس مع أربعة أو ثمانية سرعات مختلفة. عدد دورات الترس الأكبر (*rpm*) يتم تحويلها إلى عدد الأشواط لكل دقيقة (*SPM*) للمقشطة. عدد الأشواط لكل دقيقة مرتبط بمقدار سرعة القطع والتغذية.

1- سرعة القطع (Cutting Speed).

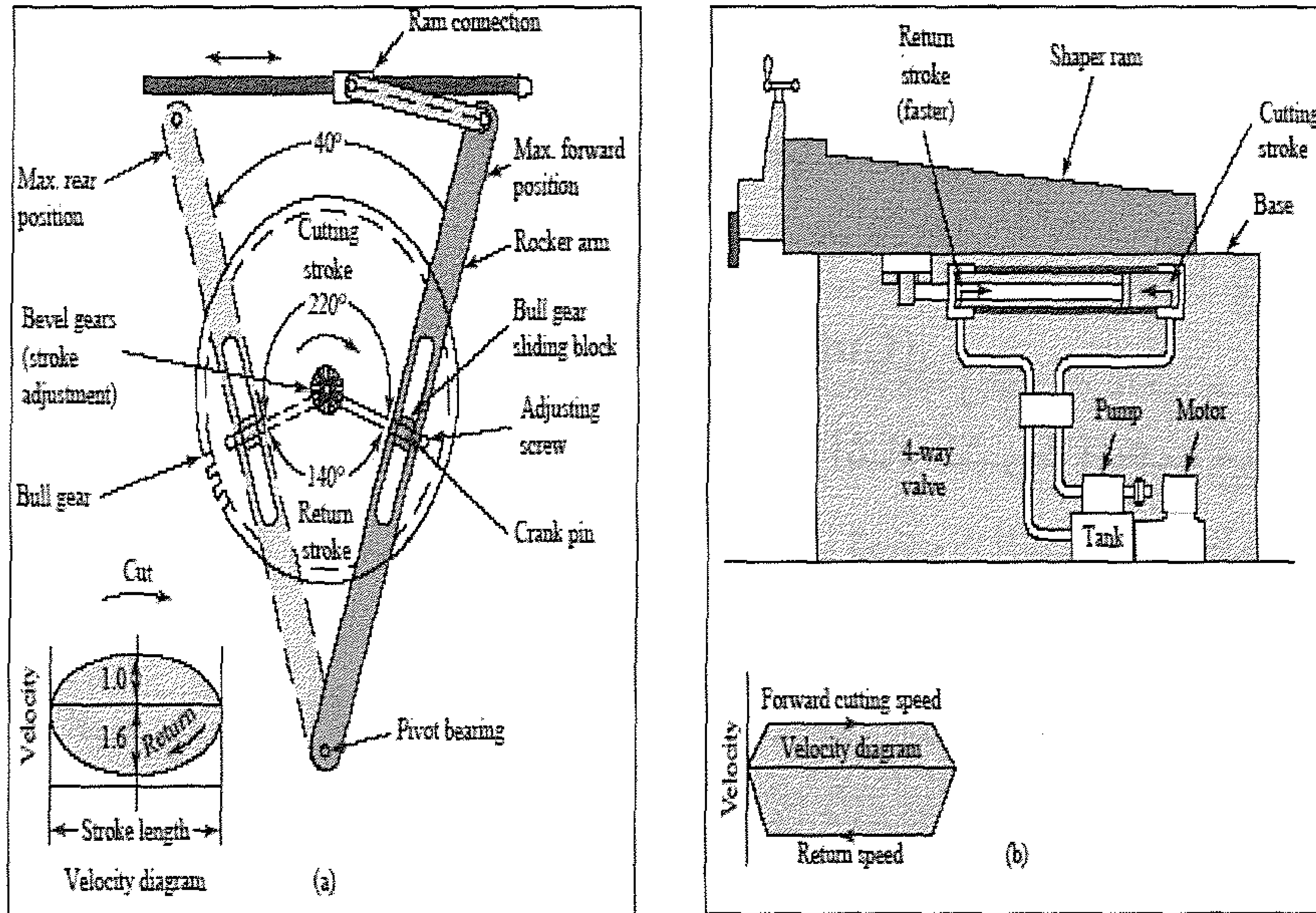
سرعة قطع العُدد عبر الشُغلة سوف تتغير أثناء الشوط وكما موضح في مخطط السرعة في الشكل رقم (a-3-7)، حيث تكون السرعة العظمى عند مركز الشوط . على أية حال، إذا كانت سرعة القطع المختارة إلى حد ما على الجانب البطيء، فأن معدل السرعة الذي يمكن إستخدامه وحسابه يكون بسيط للغاية. مع إن النسبة متنوعة إلى حد ما، فأن مقاشط عديدة تمتلك ترابط (*Linkage*) يستخدم (220°) لدورة شوط القطع و (140°) لشوط الرجوع، وهو تماماً كنسبة (3:2). عند تنصيب مقشطة مشغلة ميكانيكياً، فأن طول القطع

(بالإنج) يكون معروف، سرعة القطع (*feed/min*) يتم إختيارها تبعاً لنوع المعدن المراد قطعه. بعد ذلك من الضروري حساب الأشواط لكل دقيقة والسبب هو لمعرفة كيف تتم السيطرة على سرعة المقشطة.

إن الشوط لكل دقيقة المتوفر على المقشطة النطاحة سوف يتغير تبعاً لحجم المقشطة، حيث المقاشط الواسعة تمتلك سرعات واطئة. مثلاً مقشطة (16") تمتلك سرعات (27- 150) شوط لكل دقيقة. بينما مقشطة (24") سوف تمتلك سرعات (10- 90) شوط لكل دقيقة.

2- تغذية القطع (Cutting Feed).

يمكن مقارنة التغذية لكل شوط على المقشطة النطاحة مع التغذية لكل دورة على المخرطة. التغذيات الخشنة أو العنيفة لمدى خشونة فوق (0.1") لكل شوط (أحياناً تختصر بالرمز *IPS*)، وإنهاء المقطوعات هي (0.005"- 0.015") لكل شوط. الإنهاء (*Finishing*) يعتمد على نصف قطر المقدمة لعُدة القطع.



الشكل رقم (7- 3): a. الإدارة الميكانيكية b. الإدارة الهيدروليكية

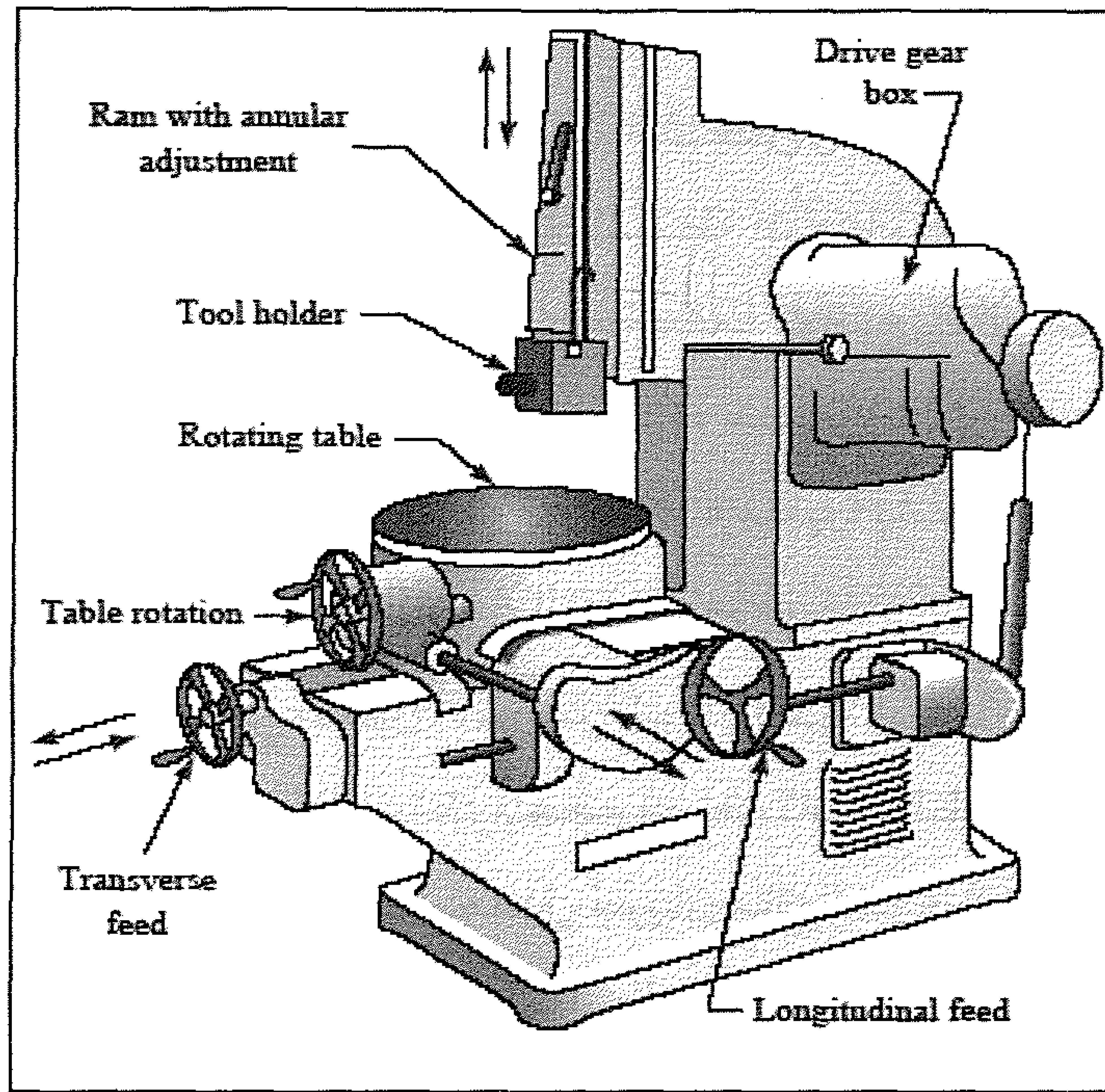
2.2.1.2.7 الإدارة الهيدروليكية (Hydraulic Drive) .

المقشطة الهيدروليكية موضحة في الشكل رقم (b-3-7). تمتلك هذه المقشطة نفس الأجزاء الرئيسية التي في المقشطة الميكانيكية. على أية حال، التمساح يُقاد بواسطة إسطوانة هيدروليكية كما موضح في الرسم التخطيطي المبسط. هذه المقاشط تستخدم محرك ذو قدرة حصانية تتراوح من ($5hp$ - $10hp$). سرعة القطع في المقشطة الهيدروليكية متغيرة بشكل كبير بواسطة وسائل سيطرة هيدروليكية كالتي في التغذية العرضية.

الشوط الإنعكاسي يكون أسرع من شوط القدرة بسبب صغر المساحة في جانب الرجوع للإسطوانة، إذا إستخدم حجم مضخة ثابت. الطريقة الأخرى لرفع سرعة شوط الرجوع هي بإستخدام معدل جريان مائع أسرع. السرعات والتغذية على المقشطة الهيدروليكية يسيطر عليها غالباً بواسطة أقراص مدرجة بسيطة السرعة (*Simple Dials*) تقرأ مباشرة بوحدات (*feet/min*) والتغذية تقرأ أيضاً مباشرة بوحدات الإنجات العشرية (*Decimal inches*). سرعة القطع تبقى ثابتة تقريباً خلال كامل الشوط .

2.2.7 المقاشط النطاحة العمودية (Vertical Shapers).

تسمى في بعض الأحيان (*Slotter*)، تمتلك المقشطة العمودية تمساح عمودي مع منضدة وسرج يشبه الموجود في المقشطة الأفقية. إذا تم وضع منضدة دوارة على المنضدة النظامية للمقشطة فأن عدد من الشقوق يمكن أن يصنع بمساحات دقيقة ومتساوية، تفصل بينها فراغات متساوية. هذه المقشطة يمكن أن تعمل خارج أو داخل الشُغلة، إضافة إلى ذلك تكون الفتحة الداخلية أوسع من رأس العُدة. الشكل رقم (7- 4) يوضح مخطط لمقشطة عمودية.

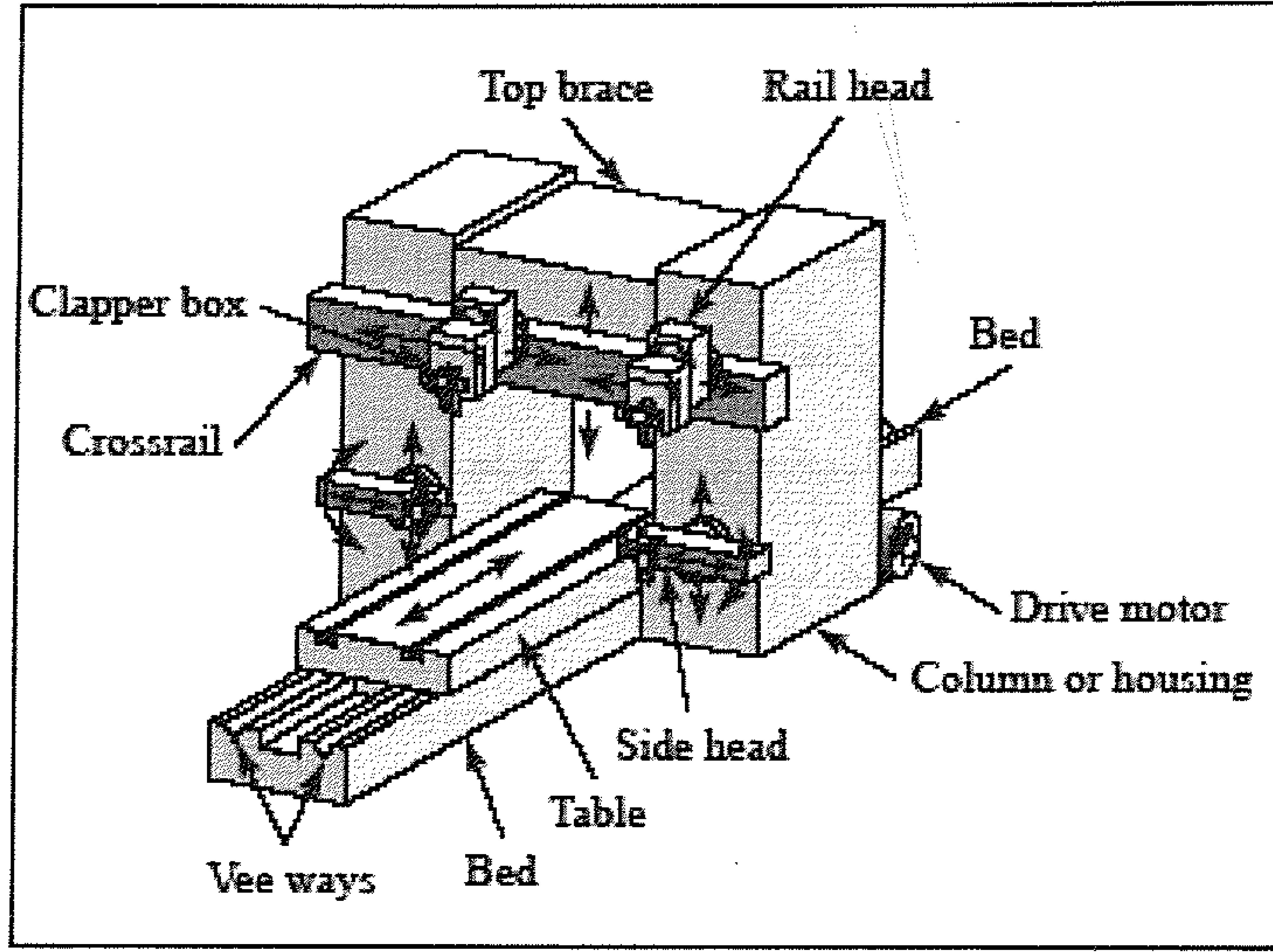


الشكل رقم (4- 7): مخطط لمقشطة عمودية

3.7 مقشطة العربة (The Planer).

تصنع مقشطة العربة نفس الأنواع من المقطوعات كما في المقشطة النطاحة. على أية حال، إنها ماكنة إنتاج أنواع شُغلات معينة. يمكن لمقشطة العربة تشغيل أي سطح مستوي أو زاوي، متضمنة الحزوز، الشقوق في أحجام شُغلات متوسطة وكبيرة، أنظر الشكل رقم (7- 1). من أعمال التشغيل النموذجية التي تنفذ على مقشطة العربة هي الفَرش، الأعمدة، مجاميع ماكنة الديزل البحرية وألواح الإنحناء لعمل الألواح المعدنية.

هذه الأجزاء عادة تكون مسبوكات حديدية واسعة أو ملحومات الفولاذ ويمكن أن تزن بضعة باوندات أو عدة أطنان. إن أكثر نوع مستخدم لمقشطة العربة هي مقشطة العربة مزدوجة المُبيت والموضحة في الشكل رقم (7- 5).



الشكل رقم (7- 5): مقشطة العربة مزدوجة المُبيت

وتتركب هذه المقشطة من الأجزاء التالية :

1- **الهيكل** (Frame) .

الهيكل عبارة عن عمودين ثقيلين يربطان سوية عند القمة مع مقطع تدعيم واسع ومربوط عند قعر فَرش الماكنة. هذا الشيء يخلق تركيب هيكلي قوي جداً وثابت والذي سوف يعالج أحمال ثقيلة بدون إنحراف.

2- **القضيب المستعرض** (Cross Rail).

القضيب المستعرض هو عبارة عن صندوق ثقيل، أو تركيب مشابه له. ينزلق للأعلى والأسفل بسكك (*V*) أو مستوية، ويسيطر على هذا الإنزلاق باليد أو بواسطة لوالب تشغيل آلية. هذه القضبان المستعرض ثقيلة بحيث يتم موازنتها بأثقال من حديد الزهر أو إسطوانات هيدروليكية لكي تتحرك بسهولة وتوضع وتثبت في مكانها بدقة.

3- **سكة الرؤوس** (Rail Heads).

سكتا الرؤوس يمكن أن تتحركا لليمين واليسار عبر القضيب المستعرض. كل واحدة منهما يتم السيطرة عليها بواسطة لوالب إدارة منفصلة، والتي يمكن أن تدور بواسطة اليد ولكن عادة تغذى آلياً. سكة الرأس تستطيع الدوران، وتُعدل عمودياً لعمق القطع المطلوب. كما في رؤوس المقشطة النطاحة. كذلك تحتوي على صندوق العُدة المتأرجح (غالباً مع رفع آلي) كما في المقشطة النطاحة.

4- **الرؤوس الجانبية** (Side Heads).

الرؤوس الجانبية هي مستقلة الحركة للأعلى أو الأسفل يدوياً أو بواسطة تغذية آلية، ويمكنها كذلك الدوران والحركة داخل أو خارج عمق القطع .

5- **المنضدة** (Table).

المنضدة هي مسبوكة ثقيلة والتي تحمل الشُغلة إلى رؤوس القطع. تسير المنضدة على سكك مستوية أو بشكل (V). يمكن أن تُدار المنضدة أما بواسطة إسطوانة هيدروليكية طويلة وثقيلة أو بواسطة ترس صغير يقود جريدة مسننة والتي تُربط تحت مركز المنضدة. المحرك الذي يحرك الترس الصغير هو من النوع الإنعكاسي مع سرعة متغيرة.

6- **الفَرش** (Bed).

يجب أن يكون فَرش مقشطة العربة ملحوم أو مصبوب وأطول بمرتين من المنضدة. لذلك تحتاج منضدة طولها (12 ft) إلى فَرش طوله (24 ft). تستخدم مسننات الإسطوانات الهيدروليكية لإدارة المنضدة والموضوعة تحت الفَرش.

7- **ماسكات العُدة** (Tool Holders).

تستخدم مقاشط العربة عُدد فولاذ السرعات العالية أو عُدد كاربيدية مستدقة الرأس مشابهة لتلك المستخدمة في المقاشط النطاحة. على أية حال، بما

إن مقاشط العربة تنجز مقطوعات ضخمة، فأن عُددها تكون واسعة جداً. زوايا الجرف والخلوص مشابهة لتلك المستخدمة في المخارط لقطع حديد الزهر أو الفولاذ، على الرغم من كون زوايا الخلوص تتراوح قيمها غالباً من (3° - 5°) فقط بسبب إن كل القطوعات تكون على سطوح مستوية.

8- **تثبيت الشُغلة** (Work Holding).

إن تثبيت الشُغلة يتطلب قوة ذات قيمة معتبرة عندما يتم التشغيل العنيف جداً عند (*60 ft/min* - *100 ft/min*)، لذلك يجب أن تكون الشُغلات مربوطة بإحكام للمنضدة. وبسبب إنعكاس الحركة في إتجاه القطع والرجوع والتي تحدث بسرعة كبيرة لذلك يجب أن تكون الشُغلات مدعومة بشكل خاص عند نهايتيها وبشكل جيد. تمتلك المنضدة شقوق بشكل حرف (*T*) بالطول والعرض، والتي تُمكن من إستخدام البراغي الضخمة والمثبتات.

في بعض الأحيان يتم ثقب فجوات في المنضدة بحيث يمكن إستخدام مسامير واسعة لمنع الشُغلة من الذهاب بعيداً عن المنضدة عند إنعكاس التشغيل.

1.3.7 حجم مقشطة العربة (Planer Size).

يُشار غالباً لحجم مقاشط العربة كمقشطة ($30''$) أو مقشطة ($60''$). وهذه تمثل أوصاف العرض التقريبي للمنضدة والذي يتراوح من ($30''$ - $72''$). مزيد من التصنيفات الكاملة موضحة كالآتي : عرض المنضدة × الارتفاع تحت السكة × طول المنضدة . وكمثال على ذلك : $48'' \times 48'' \times 14ft$

العرض والإرتفاع عادة متشابهان ولكن ليس دائماً. طول المنضدة يكون غالباً بطلب خاص ويمكن أن يكون أقصر بمقدار (*8ft*) أو أطول بمقدار (*20 ft*) أو أكثر. محركات الإدارة يمكن أن تكون بقدرة (*5 hp*)، في المقاشط الصغيرة و (*100 hp*) أو أكثر في النماذج الكبيرة.

2.3.7 الإدارة في مقاشط العربة (Planer Drive) .

يمكن أن تستخدم الإدارة الميكانيكية والهيدروليكية في مقاشط العربة. يتم الحصول على سرعات قطع منتظمة خلال مشوار القطع. تعجيل وتباطؤ المنضدة يحدث في مسافة قصيرة للحركة ولا يؤثر على زمن التشغيل.

3.3.7 أنواع مقاشط العربة (Planer Type) .

تقسم مقاشط العربة إلى نوعين رئيسيين هما :

1- **مقاشط العربة مزدوجة المُبيت** (Double- Housing Planer).

تتضمن هذه المقاشط قاعدة طويلة وثقيلة والتي تترد عليها المنضدة ذهاباً وإياباً. المُبيت الأعلى الأيمن القريب من المركز على جانب القاعدة، يسند القضيب المستعرض والذي عن طريقه تُغذى العُدد عبر الشُغلة. الشكل رقم (7-5) يوضح كيف إن العُدد مستندة فوق وعلى الجوانب، ومعدلهما للقطوعات الزاوية. ويمكن أن تغذى آلياً في الإتجاه العمودي أو عرضياً (بإتجاه العرض).

2- **مقاشط العربة مفتوحة الجانب** (open – Sided Planers).

تمتلك مقشطة العربة مفتوحة الجانب مُبيت على جانب واحد فقط. يسمح الجانب المفتوح بتشغيل القطع العريضة. تمتلك معظم مقاشط العربة سكة مستوية واحدة وواحدة أخرى بشكل (V)، واللتان تسمحان بتمددات الفرش والصينية غير المتساوية. الماسكات الكُلابية القابلة للتعديل عند جانب الفرش تسيطر على طول شوط الصينية. مقاشط العربة غالباً تحول إلى فرازات العربة (*Planers Mills*) لمزيد من كفاءة التشغيل.

4.7 مقارنة بين المقاشط النطاحة ومقاشط العربة

برغم إن كلا النوعين من المقاشط النطاحة ومقاشط العربة قادرة على تشغيل السطوح المستوية، ولكن هنالك تفاوت في تطبيقها. تختلف المقاشط

النطاحة والعربية يشكل كبير في تركيبها الهيكلي وطريقة عملها. مقشطة العربية متكيفة بشكل خاص للشُغلات الكبيرة بينما المقشطة النطاحة تستطيع عمل الشُغلات الصغيرة نسبياً فقط.تتحرك الشُغلة في مقشطة العربية ضد العُدة الثابتة، بينما في المقشطة النطاحة فأن العُدة هي التي تتحرك عبر الشُغلة والتي تكون ثابتة .

تُغذى العُدة داخل الشُغلة في مقشطة العربة في حين في المقشطة النطاحة الشُغلة هي التي تُغذى عبر العُدة (حركة التغذية العرضية للشغلة). الإدارة على منضدة العربة تكون أما بواسطة التروس أو بواسطة الوسائل الهيدروليكية، و يُدار تمساح المقشطة النطاحة كذلك بنفس الإسلوب ولكن تستخدم آلية ربط سريعة العودة بعدة مرات . معظم مقاشط العربة تختلف عن النطاحة في كونها أكثر إستقرارية في سرعات القطع.

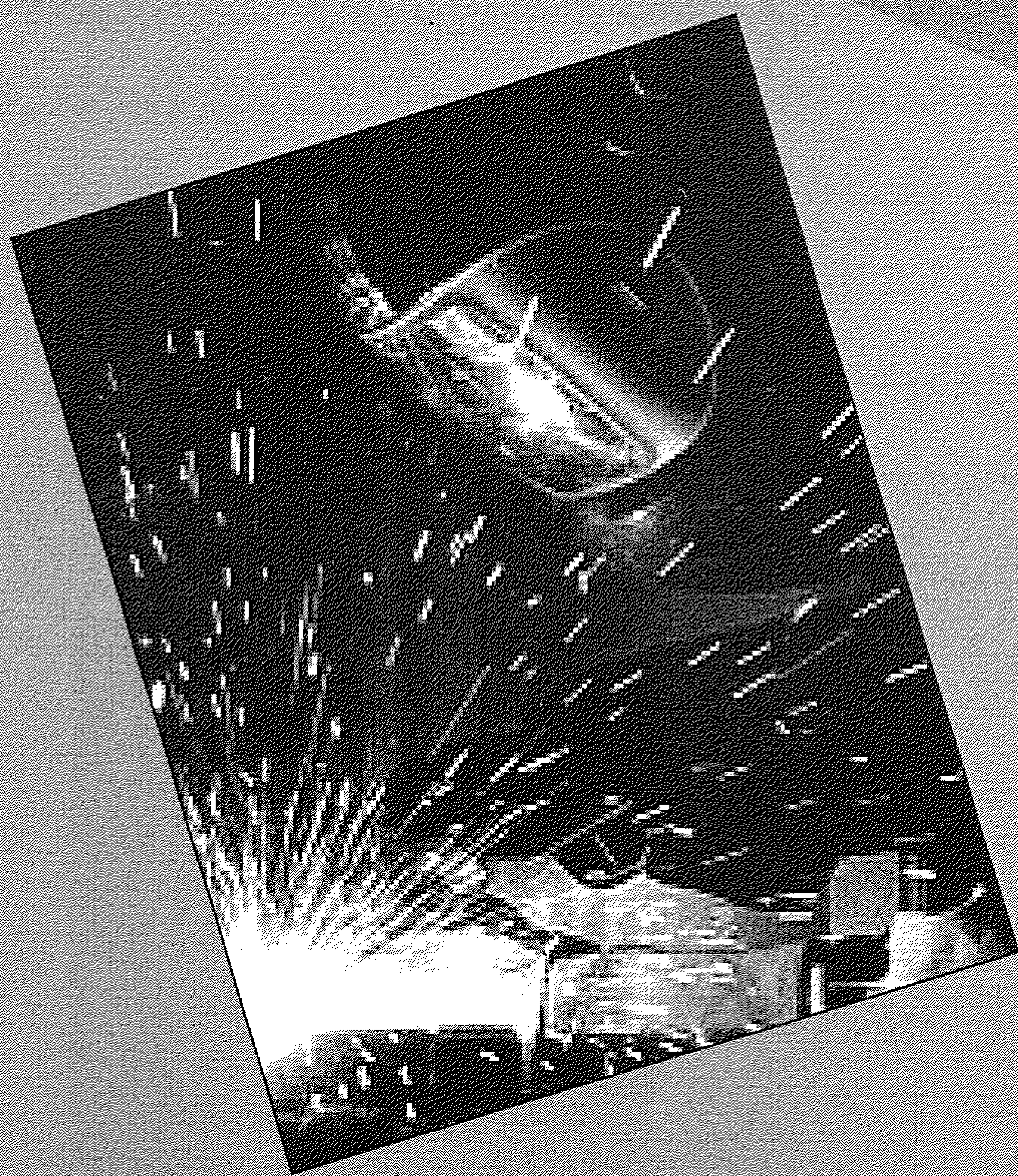
العُدد المستخدمة في عمل المقاشط النطاحة والعربة هي عُدد أُحادية الاتصال كتلك المستخدمة على المخرطة. ولكنها أضخم في التركيب . يصمم الماسك ليحفظ لُقمة العُدة قريباً من خط مركز الماسك أو نقطة الدوران حول المحور (*Pivot Point*)، أفضل عما هو عند الزاوية كالمعتاد مع ماسكات عُدة الخراطة. عُدد القطع لعمليات المقشطة العربة تُلقم عادة مع فولاذ السرعات العالية، سبيكة مسبوكة، أو لُقم الكاربيد.

فولاذ السرعات العالية أو السبائك المسبوكة، يكون إستخدامها واسع في القطوعات الخشنة العميقة والكاربيدات للتخشين الثانوي والإنهاء. زوايا القطع للعُدد تعتمد على العُدة المستخدمة ومادة الشُغلة. هذه الزوايا مشابهة للزوايا المستخدمة على العُدد مفردة الإتصال الأُخرى، ولكن زاوية الخلوص النهائية لا تتجاوز (4°). سرعات القطع تتأثر بجساءة الماكنة، كيفية تثبيت الشُغلة، العُدة، المادة وعَدَد العُدد في العملية . مناضد العمل على مقاشط العربة والنطاحة تبنى مع شقوق بشكل حرف (*T*) لمسك وتثبيت الأجزاء المراد تشغيلها .

الفصل الثامن

المثاقب وعمليات الثقب

Drills & Drilling Operations



8

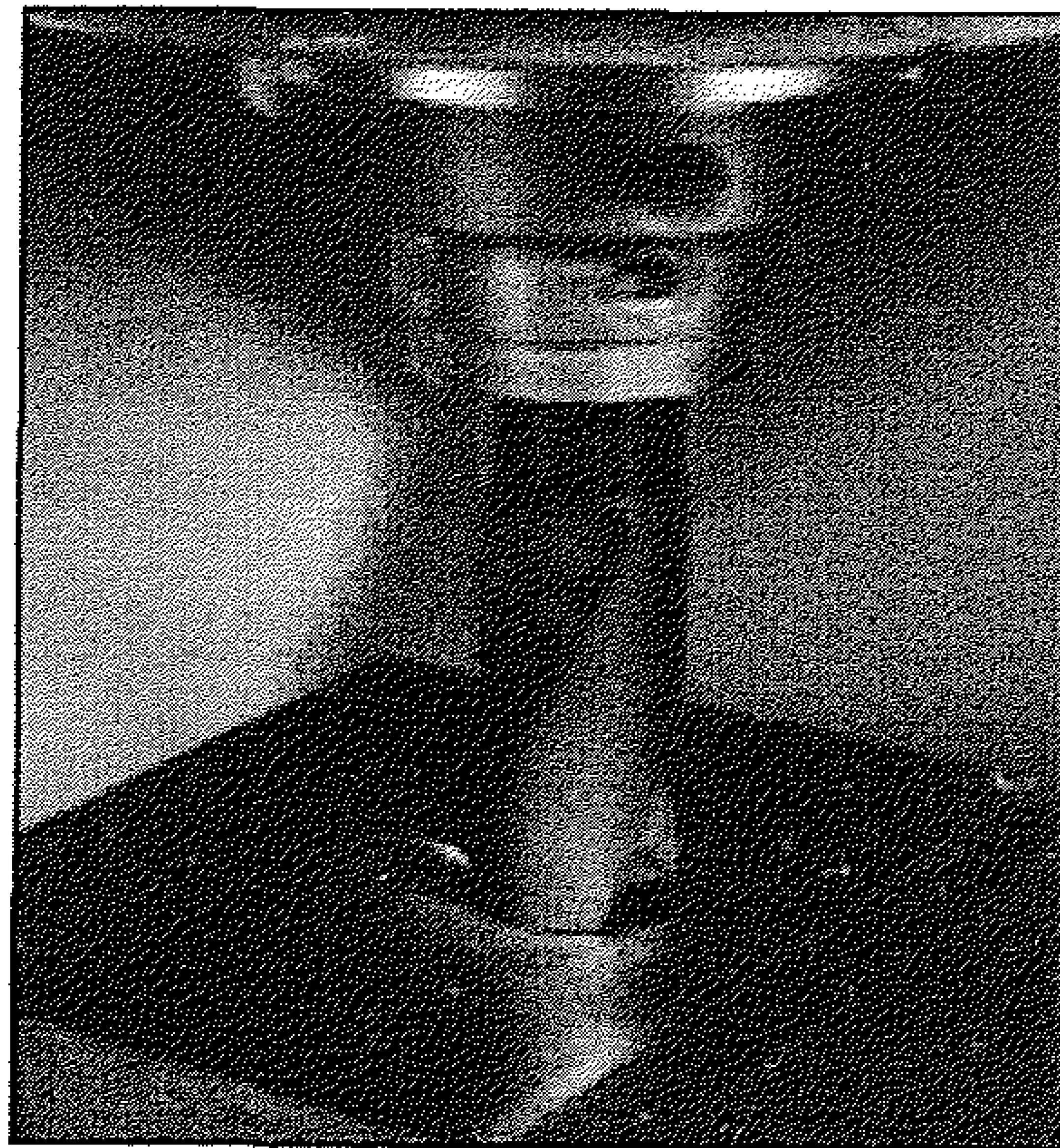
الفصل الثامن

المثاقب وعمليات الثَقب

Drills & Drilling Operations

1.8 المقدمة (Introduction).

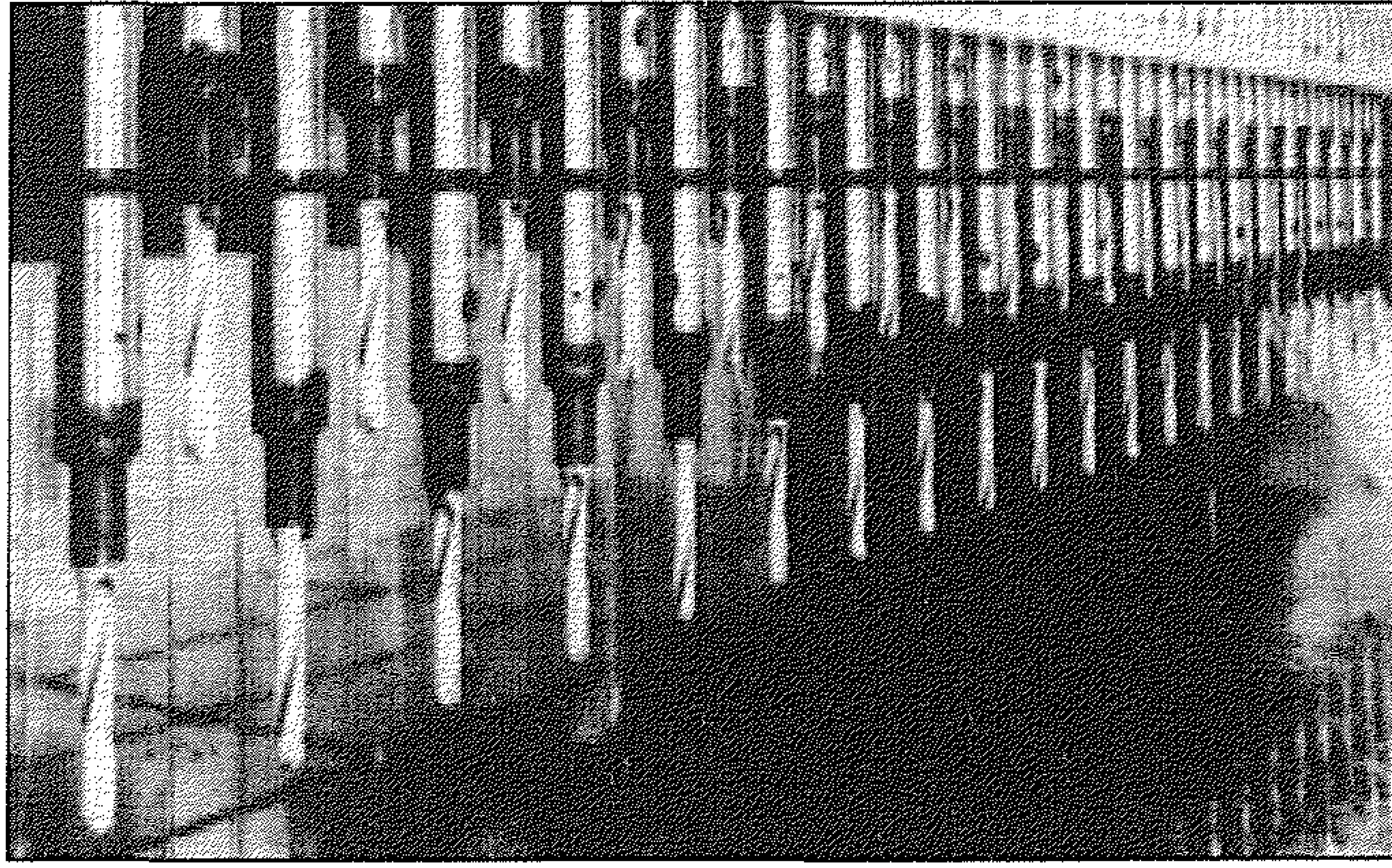
تشترك عملية الثقب بشكل شائع مع عملية أنتاج الثقوب المجوفة. على الرغم من إن العديد من العمليات الأخرى تسهم في أنتاج الثقوب والتي تضمن التثقيب، البرغلة، الشد، والتجليخ الداخلي. إلا أن الثقب يعتبر ذو الغالبية في الثقوب المنتجة في الورشة، وهذا يرجع الى أن الثقب هو طريقة بسيطة، سريعة، واقتصادية لإنتاج الثقوب، أما الطرق الأخرى فتستخدم بشكل أساسي في أنتاج ثقوب أكثر دقة ونعومة وأوسع، وهي غالباً تستخدم بعد قيام المثقب بصنع الثقب الدليلي. عملية الثقب واحدة من أكثر عمليات التشغيل تعقيداً. عملية ثقب مفرد موضحة في الشكل رقم (8- 1).



الشكل رقم (8- 1): عملية ثقب مفرد

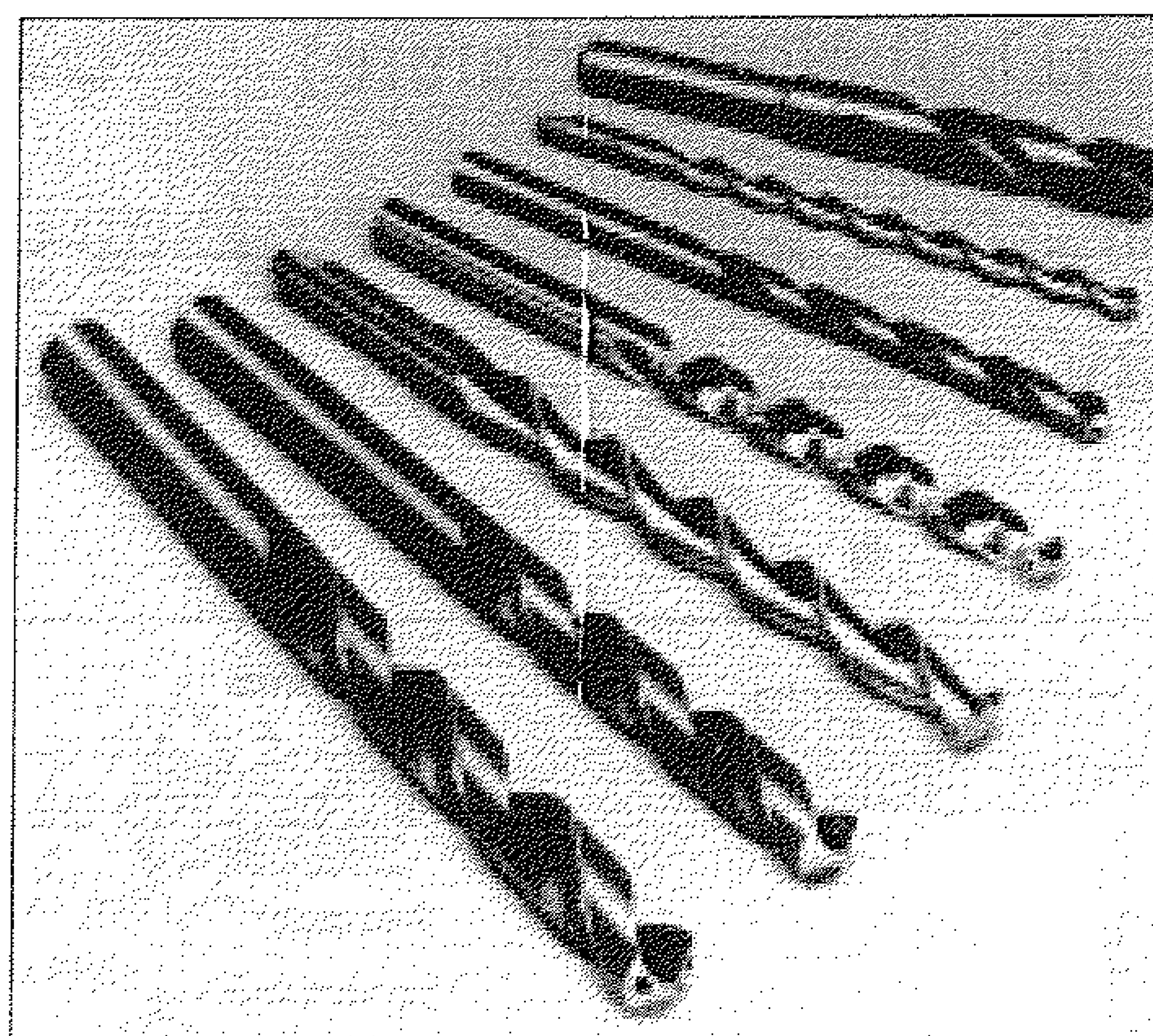
إن الميزة الأساسية التي تميزها عن بقية عمليات التشغيل هي جمعها بين قطع وبثق المعدن عند حافة الأجنة (*Chisel Edge*) في مركز المثقب. قوة الدفع العالية

المتسببة بواسطة حركة التغذية تقوم ببثق المعدن أولاً تحت حافة الأجنة، بعدها تميل للقص تحت زاوية الجرف السالبة للعُدة. عملية ثقب ذو إنتاجية عالية لمركبة صفيحة موضحة في الشكل رقم (8- 2). فعل القطع على طول شفة المثقب (*Lips*) لا يشبه أي فعل في عمليات التشغيل الأخرى. نتيجة لزاوية الجرف المتغيرة والميلان على أية حال، هنالك إختلافات في فعل القطع على أنصاف الأقطار المتنوعة على حافات القطع. وهذا معقد بواسطة تقييد كامل الرايش على مجرى الرايش عند أي نقطة مفردة على طول الشفة .



الشكل رقم (8- 2): عملية ثقب ذات إنتاجية عالية

حتى في عملية الثقب ما يزال فعل إزالة المعدن هو قطع حقيقي، ومشكلة تغير الهندسية والتقييد موجودة، ولكن بسبب كونها جزء صغير من مجموع عملية الثقب لذلك لا تعتبر ميزة مهمة للعملية. العديد من المثاقب التي تم مناقشتها في هذا الفصل موضحة في الشكل رقم (8- 3). تراكيب الماكنة المستخدمة في الثقب تظهر بعض الصفات المهمة لهذه العملية لإنتاج الثقب. عمق القطع، البُعد الأساسي في عمليات القطع الأخرى يقابل بشكل وثيق نصف قطر المثقب.



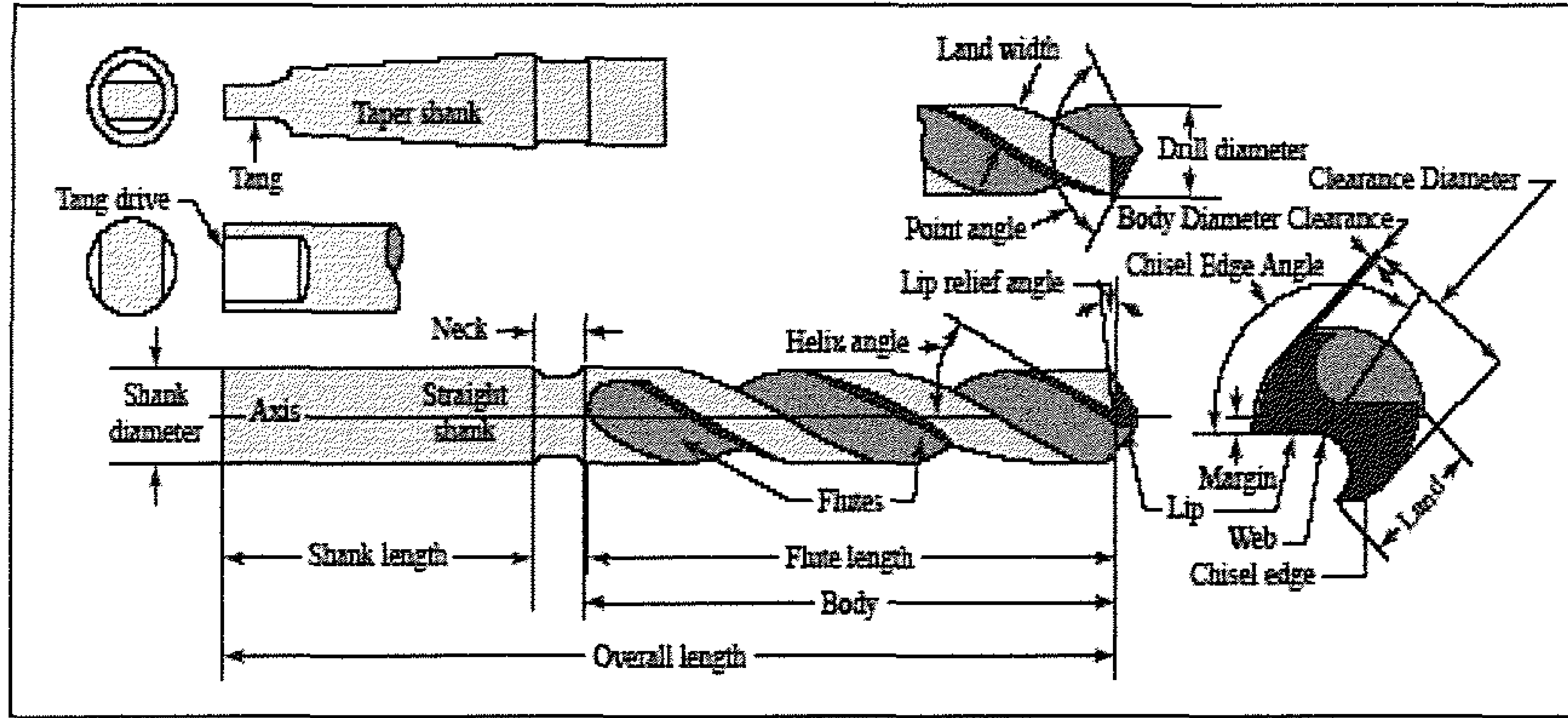
الشكل رقم (8- 3): أشكال مثاقب متنوعة

عرض الرايش غير المشكل يكافئ طول شفة المثقب والذي يعتمد على زاوية الرأس (*Point Angle*) إضافة إلى حجم المثقب. لتركيب مُحدد ، فأن عرض الرايش غير المُشكل يكون ثابت في الثقب. بُعد التغذية المحدد من أجل الثقب، هو التغذية لكل دورة لمحور الدوران. أكثر كمية أساسية هي التغذية لكل شفة للمثقب الشائع ثنائي الأخدود هو نصف تغذية لكل دورة. سمك الرايش غير المُشكل يختلف من التغذية لكل شفة إعتماداً على زاوية الرأس. تكون سرعة عمود الدوران ثابتة من أجل أي عملية واحدة، بينما سرعة القطع تتنوع كلياً على طول حافة القطع. سرعة القطع تحسب إعتيادياً للقطر الخارجي.

تكون سرعة القطع عند حافة الأجنة صفر، وعند أية نقطة على الشفة تتناسب السرعة لنصف القطر لتلك النقطة. ويعتبر هذا التنوع في سرعة القطع على طول حافات القطع صفة مهمة للمثقب. حالما يتعشق المثقب مع الشُغلة، يستمر الإتصال بينهما حتى يخرج المثقب خلال القعر للجزء أو يسحب من الثُقب. فيما يتصل بهذا الشيء، الثقب يشبه الخراطة ولا يشبه التفريز.القطع المستمر يعني بأن القوى المستقرة ودرجات الحرارة يمكن أن تحسب قريباً بعد الإتصال بين المثقب والشُغلة.

2.8 مصطلحات المثقب (Drill Nomenclature).

إن أكثـر أنـواع المثاقـب أهميـة هـو المثقـب الإلتـوائي (*Twist Drill*) والمصطلحات المهمة المدرجة أدناه والموضحة في الشكل رقم (8- 4) مطبقة بشكل مُحدد لهذه الأدوات.



الشكل رقم (8- 4): مصطلحات المثقب الإلتوائي

1- المثقب (Drill).

المثقب هو زاوية عُدة القطع لإنتاج الثقوب، وهو يمتلك حافة قطع واحدة أو أكثر وأخاديد للسماح للسوائل بدخول وخروج الشظايا. يتألف المثقب من الساق، البدن، والرأس.

2- الساق (Shank).

الساق هو جزء المثقب الذي يثبت ويقود ويمكن أن يكون مستقيم أو مستدق. تمتلك المثاقب صغيرة القطر بشكل إعتيادي ساق مستقيمة، أما المثاقب الأوسع فتمتلك ساق مجلخة مع إستدقاق لسان (*Tang*) للتأكيد من دقة الرصف والإدارة الموجبة.

3- **اللسان** (Tang).

هو جزء مسطح عند نهاية الساق والذي يتوافق داخل شق الإدارة لماسك المثقب على عمود دوران الماكنة.

4- **البدن** (Body) .

بدن المثقب يمتد مع الساق إلى الرأس، ويضم الأخاديد. أثناء الشحذ أو السن، يجلخ بدن المثقب جزئياً.

5- **الرأس** (Point).

الرأس هو نهاية القاطع للمثقب.

6- **الأخاديد** (Flutes).

الأخاديد عبارة عن حزوز تقطع أو تشكل في بدن المثقب للسماح للسوائل بالوصول إلى الرأس والشظايا لتصل إلى سطح الشُغلة. على الرغم من إستخدام الأخاديد المستقيمة في بعض الحالات ، فهي عادة تكون حلزونية.

7- **الأرضية** (Land).

الأرضية هي باقي بدن المثقب الخارجي بعد قطع الأخاديد. الأرضية تقطع بشكل خفيف إلى حد ما من القطر الخارجي للمثقب لكي تزود بالخلوص.

8- **الحاشية** (Margin).

الحاشية هي جزء قصير من الأرضية لا يقطع بعيداً للخلوص. وهو يحافظ على كامل قطر المثقب.

9- **الشبكة** (Web).

الشبكة هي الجزء المركزي لبدن المثقب الذي يربط الأرضيات.

10- **حافة الأجنحة** (Chisel Edge).

تسمى الحافة المجلخة على رأس العُدة على طول الشبكة بحافة الأجنة، وهي تربط شفاه القطع.

11- **الشفاه** (Lips).

الشفاه هي حافات القطع الأولية للمثقب. وهي تمتد من رأس الأجنة الى محيط المثقب.

12- **المحور** (Axis).

محور المثقب هو خط المركز للعُدة، وهو يمتد خلال الشبكة وعمودي للقطر.

13- **العنق** (Neck).

تضع بعض المثاقب مع جزء مُخلص بين البدن والساق والذي يسمى عنق المثقب.

بالإضافة إلى المصطلحات أعلاه التي تُعرِف الأجزاء المتنوعة للمثقب، فأن هنالك عدد من المصطلحات التي تطبق لأبعاد المثقب، متضمنة زوايا المثقب المهمة. ومن بين هذه المصطلحات ما يأتي :

1- **الطول** (length).

مترافقاً مع قطره الخارجي، يدرج الطول المحوري للمثقب عندما يعطى مقاس المثقب بالإضافة إلى ذلك يستخدم غالباً طول الساق، طول الأخدود، وطول العنق (أنظر الشكل رقم (8- 4)).

2- **خلوص قطر البدن** (Body Diameter Clearance).

إرتفاع الخطوة من الحاشية إلى الأرضية يدعى خلوص قطر البدن.

3- **سُمك الشبكة** (Web Thickness).

سُمك الشبكة هو أصغر بُعد عبر الشبكة ويقاس عند الرأس مالم يلاحظ من جهة أخرى. غالباً سوف يزداد سمك الشبكة بالإتجاه لأعلى البدن بعيداً من الرأس، ويمكن أن يجلخ السمك للأسفل أثناء الشحذ لإختزال حجم حافة الأجنة. تسمى هذه العملية بتنحيف الشبكة (*Web Thinning*). تنحيف الشبكة موضح في الشكل رقم (8- 13).

4- **زاوية الحلزون** (Helix Angle).

الزاوية التي تصنعها الحافة الأمامية للأرضية مع محور المثقب تسمى زاوية الحلزون. تتوفر المثاقب مع زوايا حلزون متنوعة من أجل متطلبات تشغيلية مختلفة.

5- **زاوية الرأس** (Point Angle).

الزاوية المتضمنة بين شفاه المثقب تسمى زاوية الرأس، وهي تتنوع من أجل مواد الشُغلة المختلفة.

6- **زاوية خلاص الشفة** (Lip Relief Angle).

وهي مشابهة لزوايا الخلاص الإعتيادية الموجودة على العُدد الأخرى وتقاس عند المحيط.

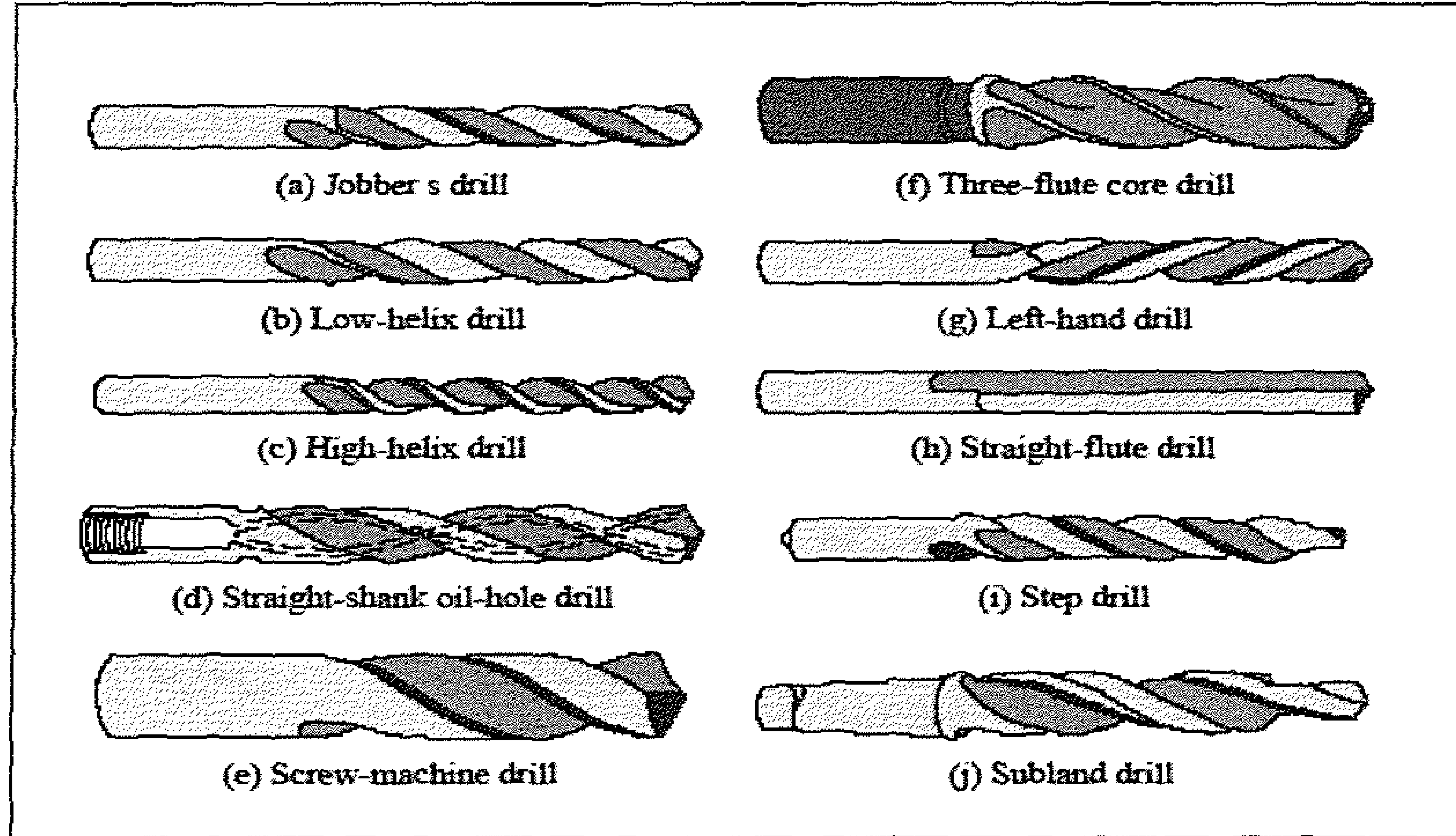
7- **زاوية حافة الأجنة** (Chisel Edge Angle).

زاوية حافة الأجنة هي الزاوية بين الشفة وحافة الأجنة كما تُرى من نهاية المثقب. ويظهر من هذه القائمة من المصطلحات بأن هنالك عِدة هندسيات مختلفة ممكنة للمثقب.

3.8 أصناف المثاقب (Classes of Drills).

هنالك أصناف مثاقب مختلفة من أجل أنواع عمليات مختلفة. يمكن إن تؤثر مواد الشُغلة كذلك في صنف المثقب المستخدم لكنها عادة تحدد هندسية الرأس

أكثر من النوع العام للمثقب المناسب للعمل بشكل أفضل. ومن الملاحظ أن المثقب الالتوائي هو أكثر صنف من حيث الأهمية. ضمن الصنف العام للمثقب الالتوائي هنالك عدة أنواع من المثاقب المصنوعة م=ن أجل أنواع عمليات مختلفة. تم مناقشة العديد من المثاقب الخاصة هنا، وهي موضحة في الشكل رقم (8- 5).



الشكل رقم (8- 5): مجموعة مثاقب خاصة تستخدم لبعض عمليات الثقب

1- مثاقب الحلزون العالي (High Helix Drills).

تمتلك هذه المثاقب زاوية حلزون عالية، والتي تُحسن كفاءة القطع، ولكنها تُضعِف بدن المثقب. تستخدم هذه المثاقب لقطع المعادن اللينة وبقية المواد واطئة المقاومة.

2- مثاقب الحلزون الواطئ (Low Helix Drills).

الأوطأ من زاوية الحلزون الإعتيادية في بعض الأحيان مقيدة لمنع العُدة من التشغيل للأمام (*Running ahead*)، أو الانتزاع (*Grabbing*) عند ثقب البراص أو المواد المشابهة.

3- **مثاقب الإنجاز العنيف** (Heaving – Duty Drills).

المثاقب المتعرضة لإجهادات قاسية يمكن أن تصنع أقوى بواسطة زيادة سمك الشبكة.

4- **مثاقب اليد اليسرى** (Left Hand Drills).

المثاقب الإلتوائية القاسية يمكن أن تصنع كعُدد اليد اليسرى. تستخدم هذه المثاقب في رؤوس المثقب المتعدد حيث تصميم الرأس يكون مبسط بواسطة السماح لعمود الدوران بأن يدور في إتجاهات مختلفة.

5- **مثاقب الإخدود المستقيم** (Straight Flute Drills).

مثاقب الإخدود المستقيم هي الحالة القصوى للمثاقب واطئة الحلزون. تستخدم هذه المثاقب من أجل ثقب البراص، والألواح المعدنية.

6- **مثاقب العمود المرفقي** (Crank Shaft Drills).

المثاقب التي تصمم من أجل عمل العمود المرفقي أوجدت لتكون مفيدة من أجل التشغيل العميق للثقوب في المواد المتينة. تمتلك هذه المثاقب شبكة وزاوية حلزون شديدين والتي إلى حد ما أعلى من الإعتيادية. الشبكة الشديدة تحث على إستخدام حافة أجنة محززة خاصة التي ثبت فائدتها بشكل أفضل على بقية الأعمال. مثقب العمود المرفقي هو مثال المثقب الخاص الذي أوجد تطبيق أوسع عما هو في المثاقب السابقة الإبتدائية وأصبحت قياسية.

7- **المثاقب المتمددة** (Extension Drills).

المثاقب المتمددة تمتلك ساق طويلة ومُراجعة لتسمح بشكل إعتيادي بثقب السطوح التي لايمكن الوصول إليها.

8- المثاقب فائقة الطول (Extra – Length Drills).

يكون المثقب الطويل القياسي غير كافٍ في بعض الأحيان للثقوب العميقة، لذلك يتطلب إستخدام المثقب الأطول بدناً.

9- المثقب المتدرج (Step Drill).

قطران أو أكثر يمكن أن تجلخ على المثقب الإلتوائي لإنتاج ثقب مع أقطار متدرجة.

10- مثقب الأرضية المتفرعة (Sub Land Drill).

مثقب الأرضية المتفرعة أو متعدد القطع الدائري يؤدي نفس العمل مثل المثقب المتدرج. يمتلك هذا المثقب أراضي منفصلة تلف عامل طول البدن لكل قطر، في حين المثقب المتدرج يستعمل أرضية واحدة. مثقب الأرضية المتفرعة يشبه مثقبان إلتوائيان مجموعان سوية.

11- مثاقب الكاربيد الصلدة (Solid Carbide Drills).

لثقب ثقوب صغيرة في السبائك الخفيفة والمواد اللامعدنية، فأن قضبان كاربيدية صلدة يمكن أن تجلخ لهندسية مثقب قياسية. يمكن أن تنفذ القطوعات الخفيفة بدون صدمة بسبب كون الكاربيد هش بشكل كبير.

12- المثاقب المُلقمة بالكاربيد (Carbide Tipped Drills).

يمكن أن تستخدم لُقم الكاربيد على المثاقب الإلتوائية لصنع حافات أكثر مقاومة للبلى عند سرعات أعلى. غالباً تستخدم زوايا الحلزون الأصغر والشبكات الأسمك لتحسين جساءة هذه المثاقب والتي تساعد على حماية الكاربيد. تستخدم المثاقب المُلقمة بالكاربيد بشكل واسع للمواد الصلدة، اللامعدنية الحاكة مثل (*Masonry*).

13- مثاقب تجوف الزيت (Oil Hole Drills).

ثقوب صغيرة خلال الأرضيات، أو أنابيب صغيرة في شقوق تفرز في الأرضيات يمكن أن تستخدم لدفع الزيت تحت ضغط إلى رأس العُدة. هذه المثاقب مفيدة خصوصاً لثقب الثقوب العميقة في المواد المتينة.

14- المثاقب المسطحة (Flat Drills).

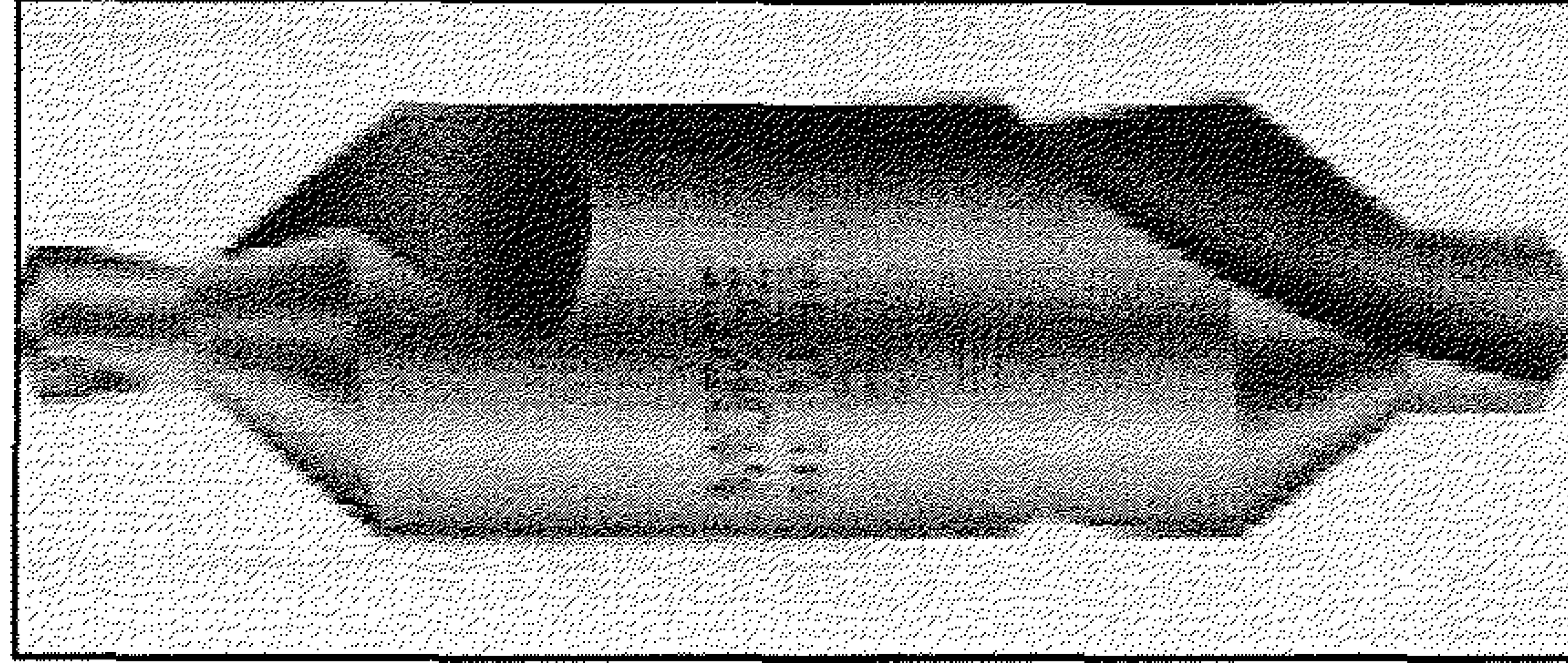
قضبان مسطحة يمكن أن تجلخ مع رأس عُدة تقليدي عند النهاية. هذا الشيء يعطي فراغات رايش واسعة جداً، ولكن لا حلزون. تطبيقها الرئيسي هو من أجل خطوط السكك الحديدية.

15- المثاقب المُخددة الثلاثية والرباعية (Three & Four Fluted).

هنالك مثاقب مع ثلاثة أو أربعة أخاديد والتي تشبه المثاقب الإلتوائية القياسية ماعدا إنها لا تمتلك حافة أجنة. تستخدم هذه المثاقب لتوسيع الثقوب التي ثُقبت أو خُرمت مسبقاً. تستخدم هذه المثاقب بسبب كونها تعطي إنتاجية أفضل، دقة، وإنهاء سطحي أفضل كما هو في المثقب القياسي الذي سوف يزوده عند نفس العمل.

16- المثقب وأداة التغطيس (Drill & Counter Sink).

إن جمع المثقب وأداة التغطيس يكون عُدة مفيدة لتشغيل الثقوب المركزية على القضبان ليتم خراطتها أو تجلخها بين المراكز. نهاية هذه العُدة تشبه المثقب القياسي. أداة التغطيس أو التقوير تبدأ مسافة قصيرة للخلف على البدن. مجموعة مزدوجة النهاية لمثقب وأداة تغطيس، وتسمى كذلك المثقب المركزي (*Center Drill*) موضحة في الشكل رقم (8- 6).



الشكل رقم (8- 6): مجموعة مزدوجة النهاية لمثقب وأداة تغطيس

4.8 عمليات الثقب المتآصرة (Related Drilling Operations).

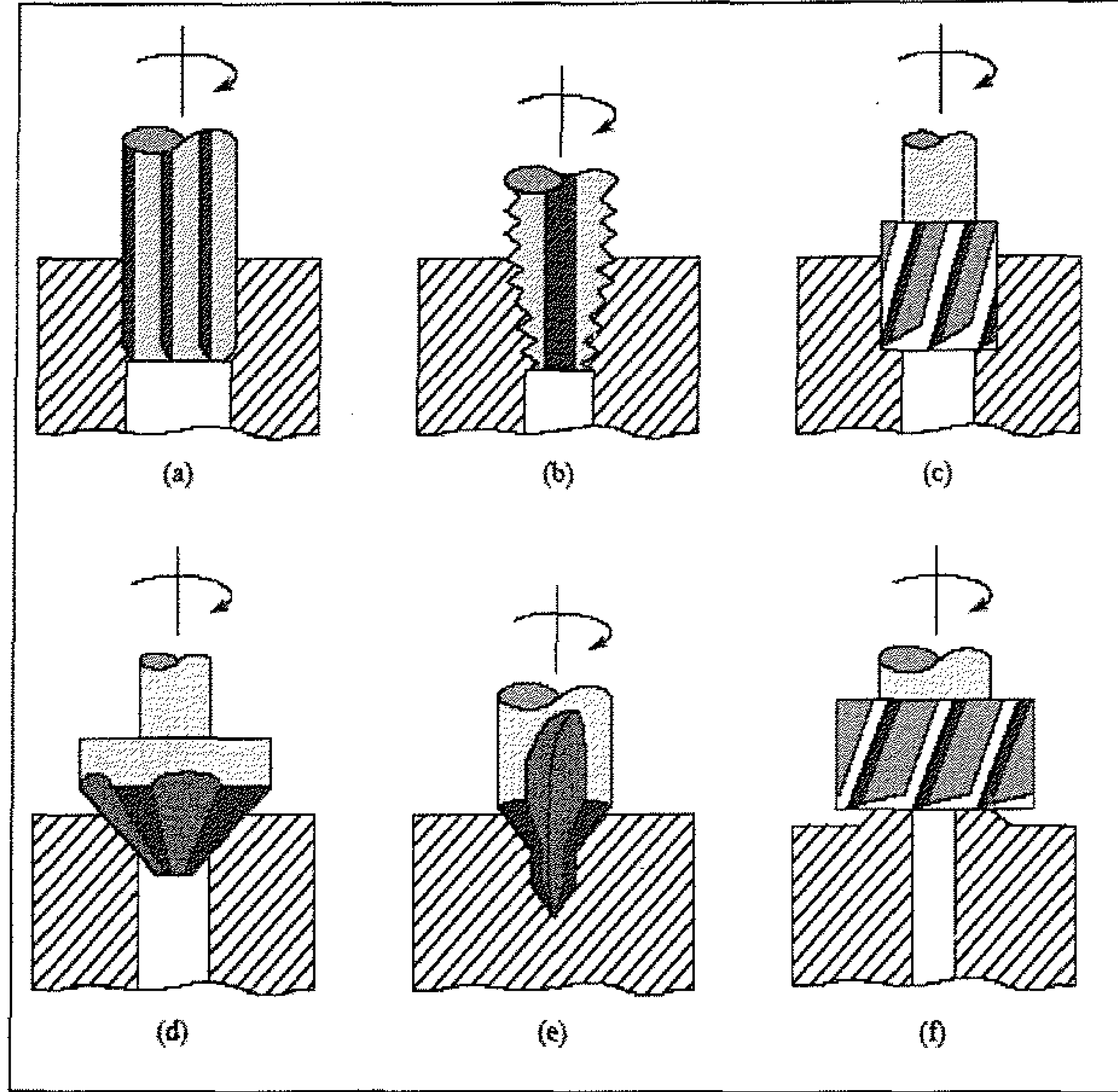
هنالك عِدة عمليات متآصرة للثقب . في القائمة أدناه، معظم العمليات التي تتبع الثقب ماعدا التمركز والتسوية الموضعية التي تسبق الثقب. يجب أن يصنع الثقب أولاً بواسطة عملية الثقب بعدها يُعدل بواسطة واحدة من العمليات الأخرى. بعض هذه العمليات وصفت هنا وأدرجت في الشكل رقم (8- 7).

1- البرغلة (Reaming).

يستخدم البرغل (*Reamer*) لتوسيع الثقب المثقوب مسبقاً لإعطاء تفاوت أعلى ولتحسين الإنهاء السطحي للثقب.

2- اللولبة الداخلية (Tapping).

اللولب (*Tap*) يُستخدم للتزويد بأسنان داخلية على الثقب المثقوب مسبقاً.



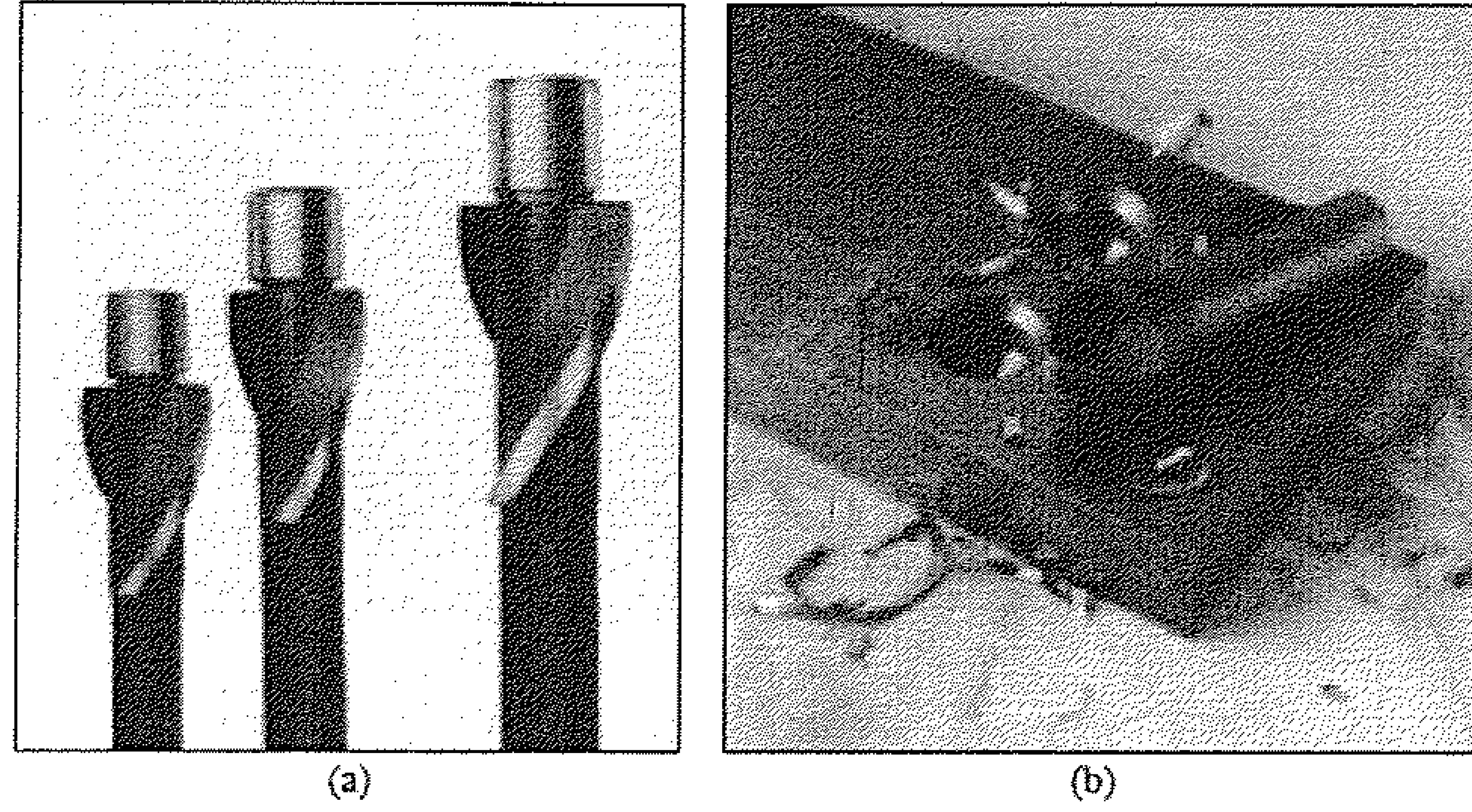
الشكل رقم (8- 7): عمليات الثقب المتآصرة a- البرغلة b- اللولبة الداخلية
c- التثقيب d - التغطيس e- التمركز f- التسوية الموضعية

3- التثقيب (Counter Boring).

التثقيب هي خطوة ثقب واسعة للسماح لرأس البرغي للجلوس تحت سطح الجزء. عُدد تثقيب موضحة في الشكل رقم (8-8-a).

4- التغطيس (Counter Sinking).

التغطيس (التقوير) هو مشابه للتثقيب ماعدا إن الخطوة (*Step*) هي زاوية السماح للوالب ذات الرؤوس المسطحة بالجلوس تحت السطح. عُدة تغطيس موضحة في الشكل رقم (8-8-b) مع ثقبين مشغلين.



الشكل رقم (8- 8): a - عُدد تثقيب b- عُدد تغطيس

5- **التمركز** (Centering).

يستخدم الثقب المركزي الدقيق للثقب ليتم ثقبه بعد ذلك.

6- **التسوية الموضعية** (Spot Facing).

تستخدم التسوية الموضعية للتزويد بسطح مشغل مستوي على الجزء.

5.8 ظروف التشغيل (Operating Conditions).

هنالك ظروف متنوعة والتي تستخدم تحتها المثاقب، مما يجعلها صعبة لإعطاء قواعد موضوعة للسرعات والتغذيات. يزود مصنعي المثاقب و مصادر متنوعة بتوصيات ملائمة للسرعات والتغذيات لثقب المواد المختلفة. التغذيات والسرعات العامة سوف تناقش هنا وسوف تُعطى بعض الأمثلة على ذلك.

1.5.8 سرعة الثقب (Drilling Speed).

يمكن أن تشير سرعة القطع إلى المعدل الذي تنتقل فيه نقطة على محيط المثقب في دقيقة واحدة ويُعبر عنها بالقدم السطحي لكل دقيقة ($SFPM$). سرعة القطع واحدة من أكثر العوامل أهمية التي تحدد عُمر المثقب. إذا كانت سرعة القطع واطئة جداً، فأن المثقب يمكن أن يتشظى أو يُكسر. سرعة القطع العالية جداً تثلم شفاه القطع. تعتمد سرعات القطع على المتغيرات السبعة التالية :

1- نوع المادة المراد ثقبها، حيث المادة الأصلد تحتاج سرعة قطع أوطأ.

2- مادة عُدة القطع وقطرها. مادة عُدة القطع الأصلد تشغل المادة بشكل أسرع، المثقب الأوسع، دوران مثقب أوطئ.

3- إستخدام سوائل القطع ونوعها والتي تسمح بزيادة سرعة القطع.

4- جساءة مكبس المثقب.

5- جساءة المثقب (المثقب الأقصر يكون أفضل).

6- جساءة تنصيب الشُغلة.

7- نوعية الثقب المراد ثقبه.

كل متغير يجب أن يؤخذ بنظر الإعتبار قبل ثقب الثقب. كل متغير مهم، لكن مادة الشُغلة وسرعة قطعها أكثر العوامل أهمية. لحساب الدورات لكل دقيقة (rpm) فأن معدل المثقب، قطر المثقب وسرعة القطع للمادة يجب أن تؤخذ بنظر الإعتبار. الآلية التي تستخدم عادة لحساب سرعة القطع هي كما يلي :

$$SFPM = DC \times rpm \qquad (1)$$

حيث :

$SFPM$ = القدم السطحي لكل دقيقة أو المسافة المقطوعة بواسطة نقطة على محيط المثقب بالقدم لكل دقيقة.

DC = محيط المثقب، وهو المسافة حول محيط المثقب بالقدم.

rpm = الدورات لكل دقيقة.

في حالة المثقب، المحيط يساوي :

$$Dc = \frac{\pi}{12 \times d} = 0.262 \times d \qquad (2)$$

حيث:

d = قطر المثقب ($inch$).

بالتعويض بمحيط المثقب، فأن سرعة القطع يمكن كتابتها بالشكل التالي:

$$SFPM = 0.262 \times d \times rpm \qquad (3)$$

هذه الصيغة يمكن إستخدامها لحساب سرعة القطع عند المحيط لأي مثقب دوار.

مثال1:

مثقب قطره (0.25 ")، ما هي سرعة القطع ($SFPM$) اللازمة لثقب حديد الزهر عند عدد دورات (5000 rpm).

الحل:

$$SFPM = 0.262 \times 0.25 \times 5000$$
$$SFPM = 0.262 \times d \times rpm$$
$$SFPM = 327.5 \approx 328$$

مثال2:

أعطي مثقب قطره (0.75 ") ما هي عدد الدورات (rpm) اللازمة لثقب فولاذ واطئ الكاربون عند سرعة (400 $SFPM$).

الحل:

$$rpm = \frac{SFPM}{0.262 \times d} = \frac{400}{0.262 \times 0.75} = \frac{400}{0.1965}$$
$$rpm = 2035.62 \approx 2036$$

2.5.8 تغذية الثقب (Drilling Feed).

حالما يتم إختيار سرعة القطع لمادة شُغلة خاصة، يجب تثبيت معدل التغذية المناسب. معدلات تغذية الثقب يتم إختيارها لتعظيم الإنتاجية بينما يتم المحافظة على

السيطرة على الرايش. التغذية في عمليات الثقب أو (IPR)، التي هي المسافة التي يتحركها المثقب بالإنج لكل دورة للمثقب. والتغذية كذلك يمكن أن يعبر عنها بالمسافة المنتقلة بواسطة المثقب في دقيقة مفردة، أو IPM (إنج لكل دقيقة)، والتي هي إنتاج (rpm) و (IPR) للمثقب. ويمكن أن تحسب كما يلي :

$$IPM = IPR \times rpm \qquad (4)$$

حيث :

IPM = أنج لكل دقيقة.

IPR = أنج لكل دورة.

rpm = دورة لكل دقيقة.

مثال:

لإبقاء معدل تغذية $(0.15\ IPR)$ على $(0.75'')$ قطر مثقب المناقش أعلاه في مثال 2، ما هو معدل التغذية (IPM).

الحل:

$$IPM = IPR \times rpm$$

$$IPM = 0.15 \times 2036$$

$$IPM = 30.54 \;\square\; 31\ IPM.$$

إختيار سرعة الثقب $(SFPM)$ وتغذية الثقب (IPR) لمواد مختلفة لم يتم تشغيلها غالباً يبدأ مع التوصيات المثبتة في الجداول المقدمة من المصنعين أو كتب مرجعية بهذا الشأن.

3.5.8 بلى المثقب الإلتوائي . (Twist Drill Wear)

يبدأ بلى المثقب حالما يبدأ القطع، وبدل التقدم عند معدل ثابت، فأن البلى يُعجل بشكل مستمر. يبدأ البلى عند الزوايا الحادة لحافات القطع وبنفس الوقت،

يصنع طريقه على طول حافات القطع لحافة الأجنة وفوق حاشيات المثقب، وبتقدم البلى، يُختزل الخلوص. نتيجة الحك تتسبب حرارة أكثر، والتي تسبب في الدوران بلى أسرع. إن أرضيات البلى خلف حافات القطع ليست أفضل مؤشر للبلى، لأنها تعتمد على زاوية خلاص الشفة (*Lip Relief Angle*).

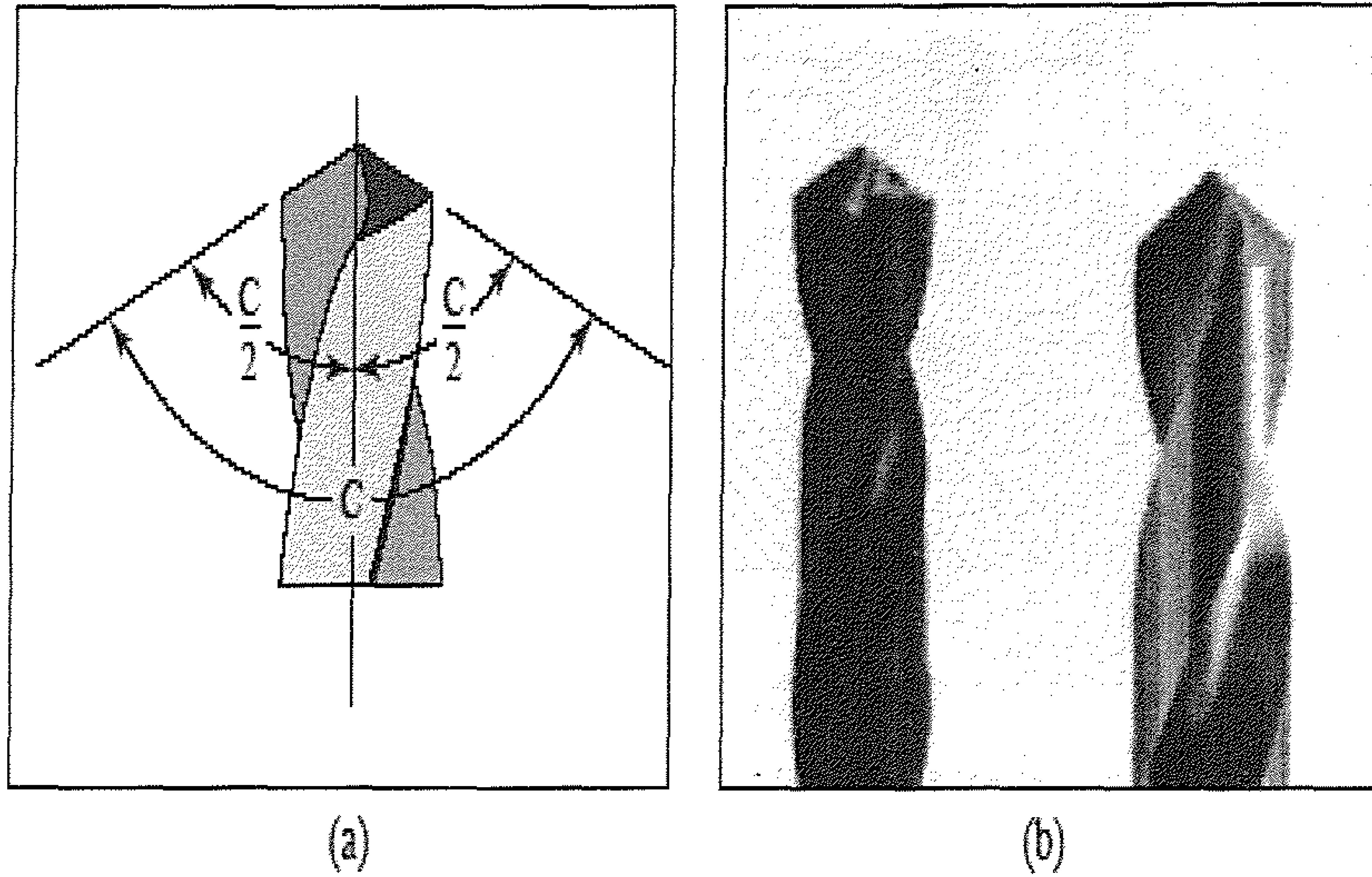
البلى على حاشيات المثقب يُحدد فعلياً درجة البلى وتقريباً ليس وضوح بلى الأرضية. عندما يتم تدوير حافات المثقب فأن المثقب يتضرر بسهولة أكثر من ما هو ظاهر. وبسهولة تامة يميل المثقب للعمل بشكل مناسب حتى عندما يكون مبلي. يمكن أن تبلى الحاشيات بشكل مستدق الطرف بعيداً للخلف بمقدار إنج من الرأس. ومن أجل إعادة أو ترميم العُدة إلى حالة جيدة، فيجب أن يتم إزالة المساحة البالية. بسبب الطبيعة التعجيلية للبلى، فأن عدد الثقوب لكل إنج للمثقب يمكن في بعض الأحيان أن تضاعف بواسطة إختزال حوالي 25٪ عدد الثقوب المثقوبة لكل شحذ.

4.5.8 تجليخ رأس المِثقب (Drill Point Grinding).

لقد ثبت بأن حوالي 90٪ من عطلات الثقب هي نتيجة التجليخ غير الملائم لرأس المِثقب. لذلك من المهم توخي الحذر عند إعادة سن المثاقب. إن المِثقب الجيد يمتلك كلا الشفتين عند نفس الزاوية لمحور المثقب، زاوية خلوص صحيحة، وسمك شبكة صحيح.

1.4.5.8 زاوية الشفة وطول الشفة (Lip Angle & Lip Length)

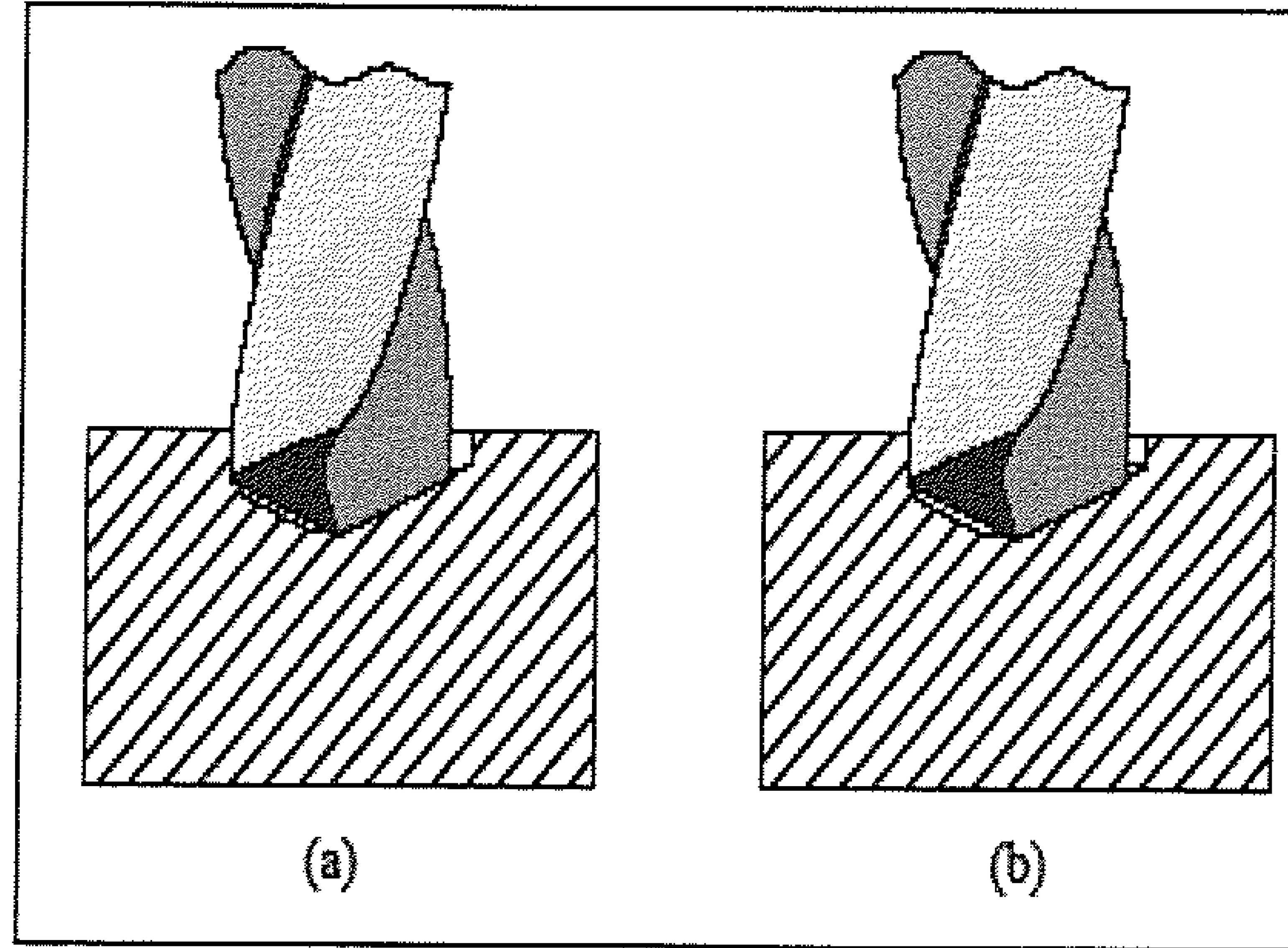
عند تجليخ حافتي القطع فأنهما يجب أن يكونا متساويين في الطول ويمتلكان نفس الزاوية مع محور المِثقب كما موضح في الشكل رقم (8-9-a). الشكل رقم (8-9-b) يوضح رأسان مجلخان لمثقب.



الشكل رقم (8- 9): a - زاوية الشفة المتضمنة (°90 - °135)

b- رأسان لمثقب

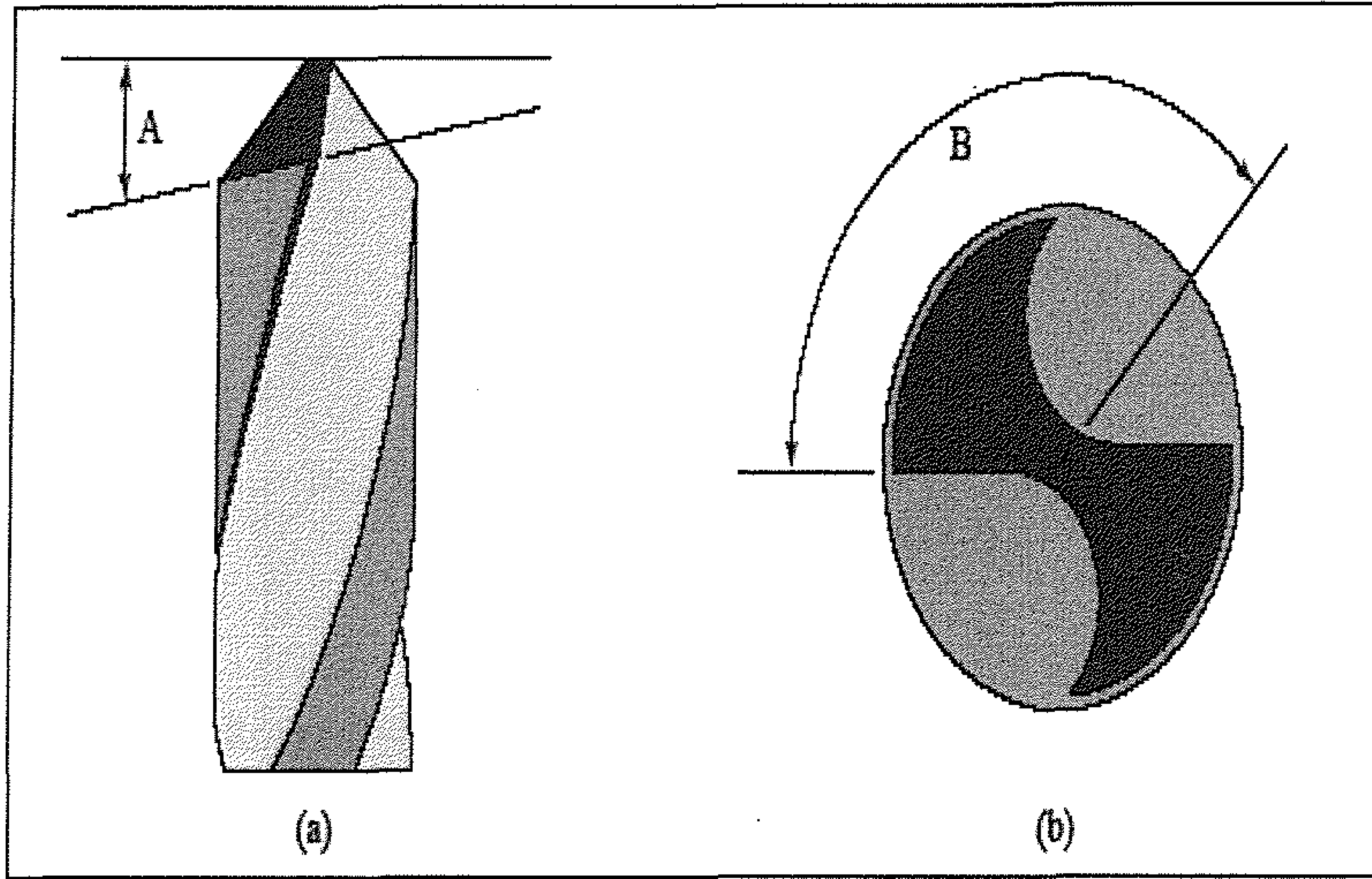
ومن أجل ثقب أنواع الفولاذ الصلدة أو السبائكية فأن الزاوية (C) الموضحة في الشكل رقم (8-9-a) يجب أن تكون (°135) وللمواد اللينة وللأغراض العامة فأن الزاوية (C) يجب أن تكون (°118)، وللألمنيوم تكون (°90). إذا لم يتم تجليخ الشفاه عند نفس الزاوية مع المحور، فأن المثقب سوف يتعرض لإنفعال شاذ بسبب إن شفة واحدة فقط سوف تأتي بتماس مع الشُغلة، والذي ينتج عنه إنقطاع أو إنكسار غير ضروري وكذلك يسبب ثلم المِثقب سريعاً. المِثقب المشحوذ بشكل حار سوف يثقب ثقباً كبير الحجم. عندما يجلخ الرأس مع زاويتين متساويتين، ولكن يمتلك شفتين بطول مختلف، سوف ينتج الحالة الموضحة في الشكل رقم (- 10-a 8). المثقب المحتوي على شفاه قطع مختلفة الزوايا، وبطول غير متساوي سوف يعمل تحت ظروف قاسية موضحة في الشكل رقم (8-10-b).



الشكل رقم (8- 10): a. مثقب مع زاوية شفة متساوية ولكن شفة غير متساوية الطول b. مثقب مع زاوية شفة غير متساوية وطول غير متساوي

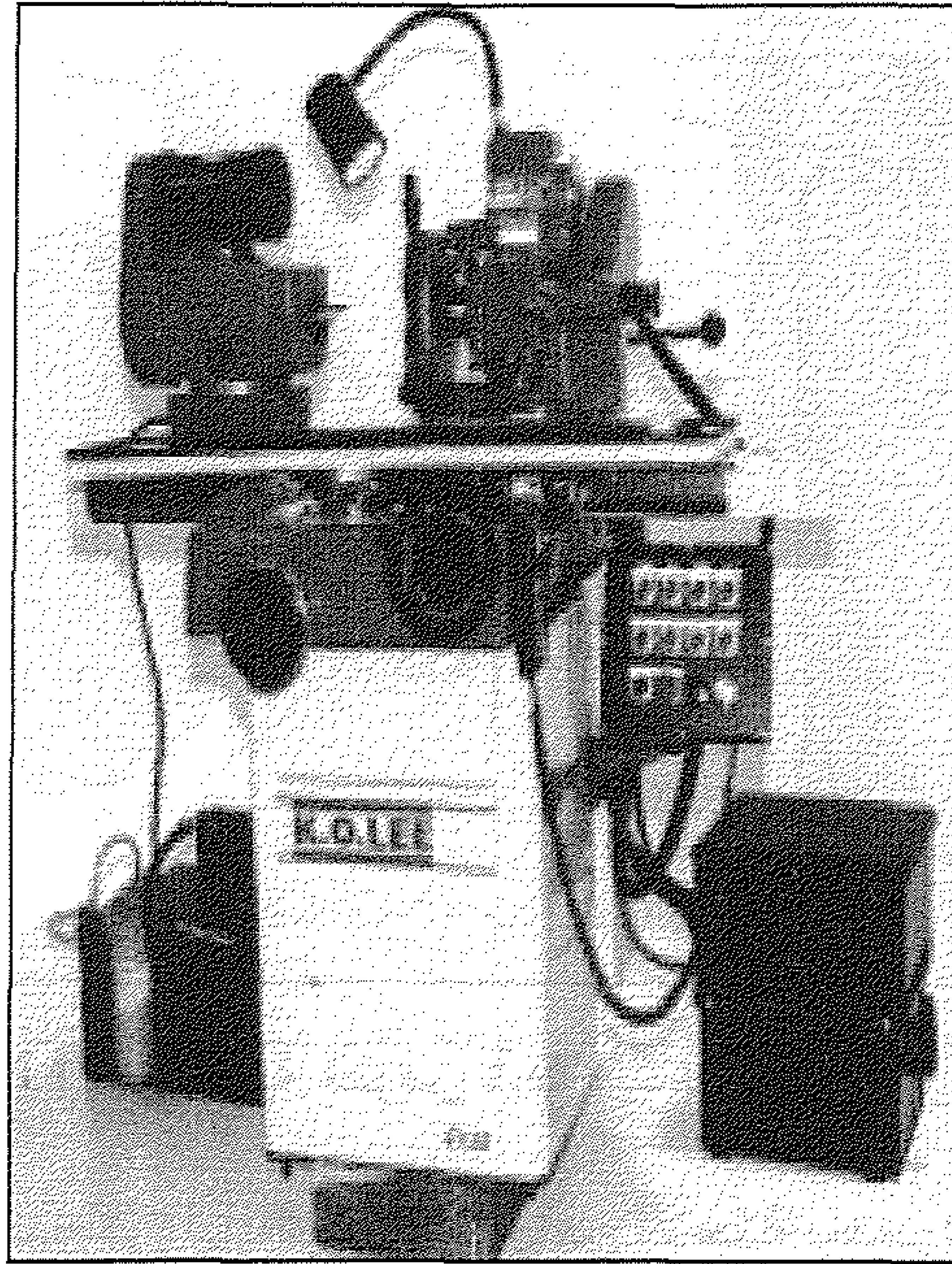
2.4.5.8 زاوية خلوص الشفة (Lip Clearance Angle) .

زاوية الخلوص هي الشيء المهم التالي الذي يجب أن يؤخذ بنظر الإعتبار. عند ثقب الفولاذ فأن الزاوية (A) الموضحة في الشكل رقم (8-11-a) يجب أن تكون (6° -9°). لحديد الزهر اللين وبقية المواد اللينة، الزاوية (A) يمكن أن تزداد إلى (12°) (أو حتى 15° في بعض الحالات). إن زاوية الخلوص هذه يجب أن تزداد تدريجياً عندما تصل إلى مركز الثقب. مقدار الخلوص عند مركز الثقب يحدد زاوية رأس الأجنة (B) كما في الشكل رقم (b-8-11).



الشكل رقم (8- 11): a. زاوية خلوص شفة المثقب b. زاوية رأس الأجنة للمثقب

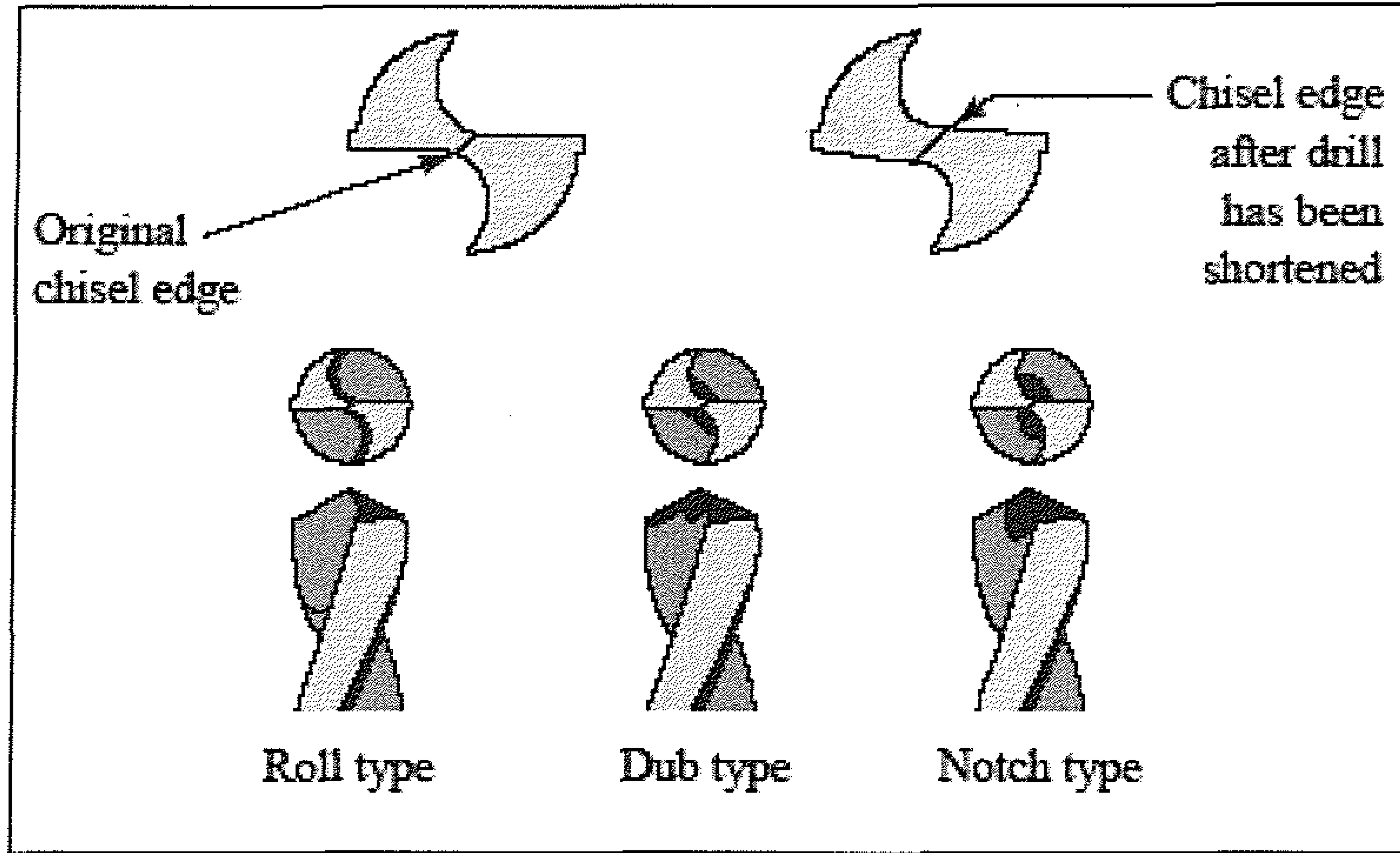
إن الجمع الصحيح لزوايا الخلوص ورأس الأجنة يجب أن يكون بالشكل التالي : عندما تكون الزاوية (*A*) (12°) للمواد اللينة، الزاوية (*B*) يجب أن تكون تقريباً (135°)، وعندما الزاوية (*A*) هي (6°- 9°) للمواد الصلدة يجب أن تكون الزاوية (*B*) (115° - 125°). بينما الخلوص غير الكافي عند المركز يسبب ثقب الشق فوق الشبكة، فأن الخلوص الزائد عند هذا الرأس سوف يسبب تشظي حافات القطع. ولكي يتم الإحتفاظ بالدقة الضرورية لزوايا الرأس، أطوال الشفة، زاوية خلوص الشفة، وزاوية حافة الأجنة، فأنه يوصى بإستخدام تجليخ الرأس الآلي. هنالك العديد من جلاخات المثاقب التجارية المتوفرة اليوم، التي تجعل دقة إعادة إستدقاق طرف أو رأس المثاقب أسهل بكثير. عُدة وقاطع جلاخات مثل الموضحة في الشكل رقم (8- 12) عادة تُستخدم لهذا الغرض.



الشكل رقم (8- 12): جلاخات عُدة وقاطع مستخدمة
لسن المثاقب وبقية عًدد القطع الأخرى

3.4.5.8 تنحيف شبكة المِثقب الإلتوائي (Twist Drill Web Thinning)

المِثقب مستدق الشبكة هو أكثر الأنواع المصنعة شيوعاً. سُمك الشبكة يزداد حالما يُعاد سن هذا النوع من المثاقب، وهذا يستلزم عملية تسمى تنحيف الشبكة (*Web Thinning*) لإعادة سُمك الشبكة الإبتدائي للعُدة. وبدون عملية تنحيف الشبكة فأن ذلك يستلزم دفع أكثر للمثقب ناتجاً توليد حرارة أضافية وإختزال عُمر العُدة. الشكل رقم (8- 13) يوضح مثقب قياسي قبل وبعد عملية تنحيف الشبكة. يُنجز التنحيف مع دولاب نصف قطري ويجب أن تنفذ بحيث يستدق المقطع تدريجياً مع الرأس، وهذا يمنع البدء بتكوين الإسفين الكليل (*Blunt Wedge*) الذي سوف يكون مُحدد بجريان الرايش. يمكن أن يُنجز التنحيف بواسطة اليد، ولكن بما أن مركزية الرأس مهمة، فأنه يوصى بالتنحيف الآلي.



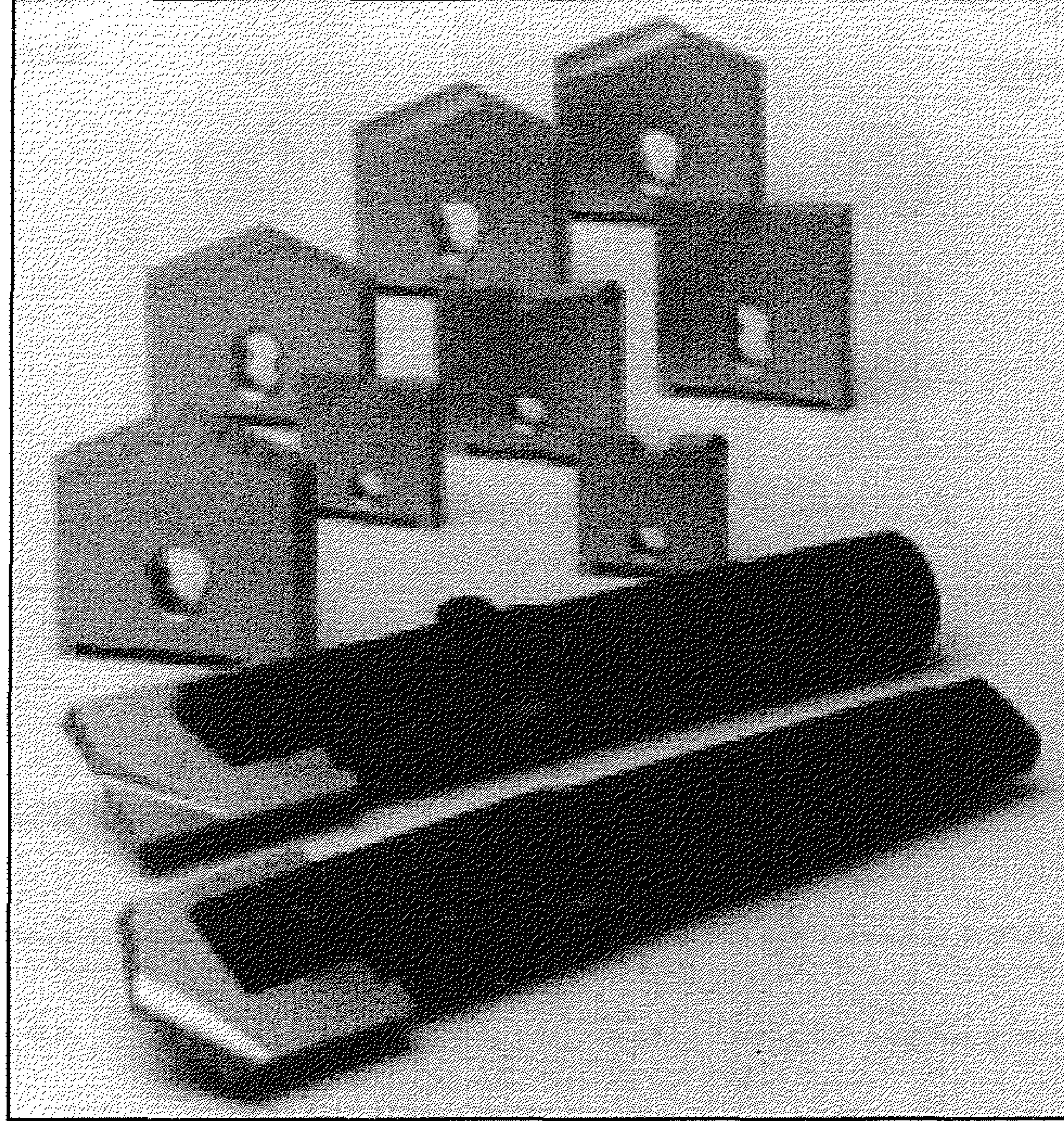
الشكل رقم (8- 13): تتحيف الشبكة

6.8 مثاقب المِجرفة (Spade Drills).

تحتوي العُدة بشكل عام على شفرة قطع تثبت في ماسك مُحدد أو مشقوق، (أنظر الشكل رقم (8- 14)) . يمكن أن تشغل المجرفة ثقوب واسعة جداً (فوق قطر "15) عما هو عليه في المثاقب الإلتوائية. إن قدرة عمق الثقب لمثاقب المجرفة مع نسب الطول - إلى- القطر ممكن أن تكون فوق (100 إلى 1)، متجاوزة بكثير القدرة في المثاقب الإلتوائية وفي نفس الوقت، بسبب إمكانيات تغذيتها الواسعة فأن معدلات الإختراق لمثاقب المجرفة تتجاوز تلك الموجودة في المثاقب الإلتوائية بنسبة (60٪ -100٪).

على أية حال، إنهاء الثقب يكون رديء بسبب هذا الشيء. مقارنة مع المثاقب الإلتوائية، مثاقب المجرفة أكثر مقاومة للإصطكاك بكثير تحت التغذيات العنيفة حالما يتعشق بالكامل مع الشُغلة. إستقامة الثقب عموماً (مع قابلية مقارنة حجمية) بإستخدام مثقب المجرفة. على أية حال، فأن هذه المزايا يمكن فقط إكتسابها بإستخدام ماكنات ثقب بقدرة وطاقة مناسبتين. كذلك يعتبر مثقب المجرفة مثقب إقتصادي جداً نتيجة للمرونة في قطره. ماسك مفرد يتسع للعديد من أقطار الشفرة

موضحة في الشكل رقم (8- 14). لذلك عندما يتطلب تغيير القطر، فأن الشفرة فقط هي التي يتطلب شراؤها وهي أرخص بكثير من شراء مثقب كامل.



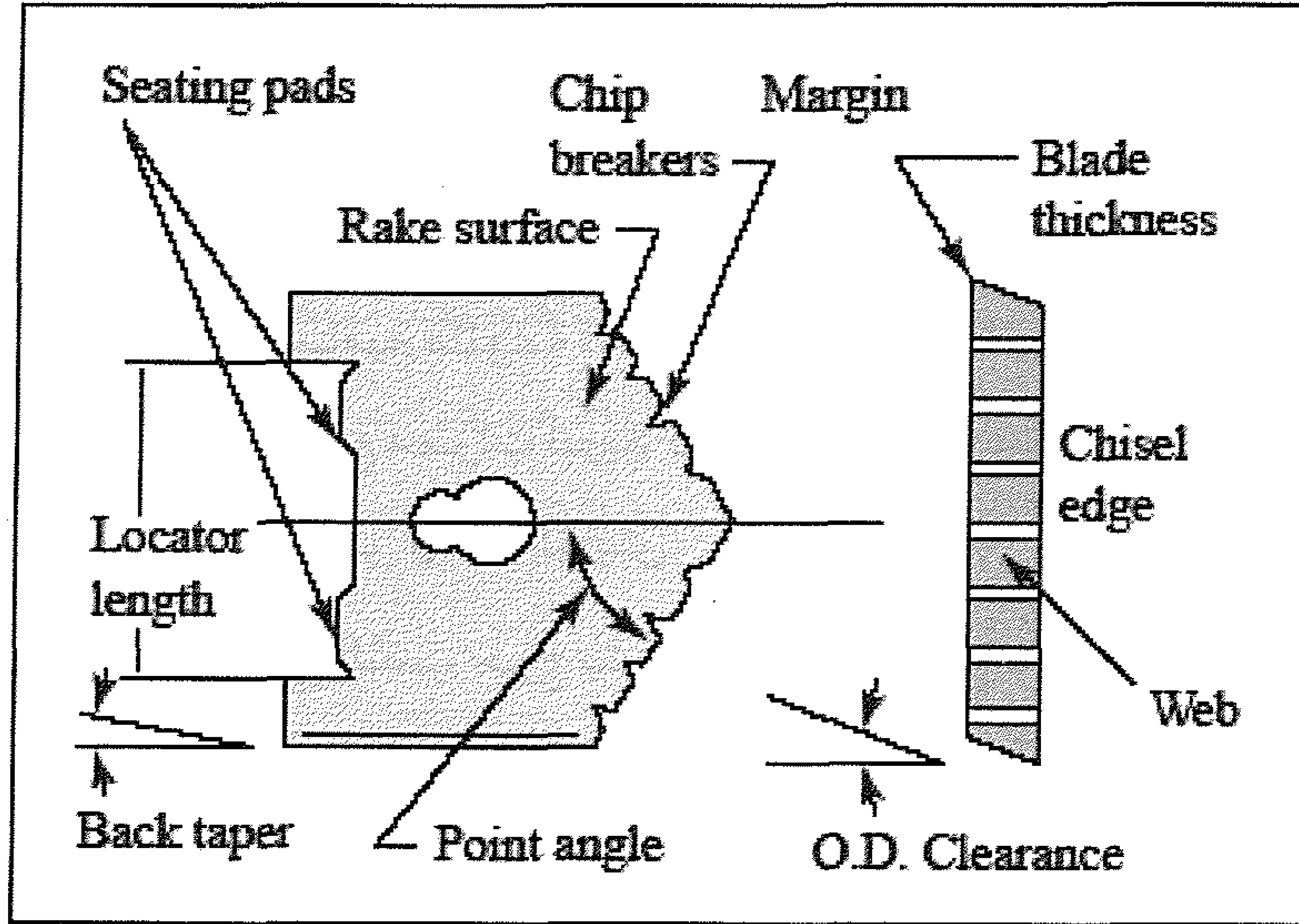
الشكل رقم (8- 14): مثاقب المجرفة مع شفرات قطع متنوعة

1.6.8 شفرات مِثقب المِجرفة (Spade Drill Blades).

إن تصميم شفرات مِثقب المِجرفة متنوع مع المُصنع والتطبيق المقصود. التصميم الأكثر شيوعاً موضح في الشكل رقم (8- 15). طول مُحدد الموقع *(Locator Length)* يُجلخ للبُعد الدقيق الذي مع الإقتران مع السُمك المجلخ للشفرة، يُحدد بدقة موقع الشفرة في ماسكها. عندما تلامس القاعدة الماسك بدقة، فأن الثقوب في الشفرة والماسك تتراصف ويمكن أن تُجمع بإحكام مع لولب.

الشفرة نفسها كما موضحة في الشكل رقم (8- 15) تمتلك كل هندسية القطع الضرورية. زاوية الرأس إعتيادياً هي (130°) ولكن ربما تتغير للتطبيقات الخاصة. في تصاميم المثقب الإلتوائي زاوية الحلزون بشكل عام تُحدد زاوية الجرف

القاطع، ولكن بما أن مِثقب المِجرفة لا يمتلك حلزون فأن سطح الجرف يجب أن يُجلخ داخل الشفرة عند زاوية حافة القطع التي تنتج سُمك شبكة مناسب.



الشكل رقم (8- 15): شفرات القطع لمثقب المجرفة

زاوية خلوص حافة القطع هي نوع ثابت للخلاص وعموماً تكون (6° - 8°). بعد أن يُجلخ هذا الخلوص، تُجلخ كسارات الرايش إلى حوالي عمق ($0.025''$)، في حافة القطع. هذه الكسارات ضرورية على شفرات مِثقب المِجرفة وليست إختيارية كما هو الحال مع المثاقب الإلتوائية . هذه الحزوز تجعل الشظايا ضيقة بشكل كافي لتتدفق حول الماسك. وإعتماداً على معدل التغذية، فأن الحزوز يمكن أن تسبب تكون ضلع في الرايش. الضلع (*Rib*) يُقسي الرايش ويسبب في تكسره ميكانيكياً أو كسره بسهولة والذي ينتج في شظايا أصغر وسهلة الإزالة بكثير. تعمل الحواشي على الشفرة كسطوح تحميل حالما تصبح العُدة في حالة إتصال أو يكون التجويف قيد الثقب. عرض الحواشي سوف يتغير من $\frac{1}{16}''$ إلى $\frac{3}{16}''$ إعتماداً على حجم العُدة. الطرف المستدق الخلفي الخفيف يزود بشكل إعتيادي بقيمة ($0.004''$ - $0.006''$) وزوايا خلوص القطر الخارجي لتكون عموماً (10°).

2.6.8 ماسكات شفرة مِثقب المجرفة (Spade Drill Blade Holders) .

ماسك الشفرة يُشكل الجزء الرئيسي لمِثقب المِجرفة. ماسك الشفرة يصنع من الفولاذ السبائكي المعامل حرارياً ويصمم لمسك شفرات متنوعة في مدى حجمي معين كما موضح في الشكل رقم (8- 14). قناتا رايش مستقيمتان أو إخدودان يزودان لقذف الرايش. تصاميم ساق الماسك متوفرة في شكل مستقيم، درجات مورس للإستدقاق، وتصاميم متنوعة أخرى لتوافق أعمدة دوران الماكنات. تجهز الماسكات بشكل عام مع ممرات تبريد داخلية للتأكد من وصول مادة التبريد لحافات القطع والمساعدة على قذف الرايش.

عندما يكون موقع الثقب حرج بشكل حاد ويحتاج لإستخدام وصلة إزدواج إبتدائية، فإن الماسكات مع شرائط دليلية (*Guide Strips*) تكون متوفرة أيضاً. هذه الشرائط تُجلخ لتتوافق بشكل تام مع وصلة الإزدواج الإبتدائية لإسناد العُدة حتى تتعشق بالكامل في الشُغلة. ويمكن كذلك أن تجلخ الشرائط أسفل مباشرة لقطر المثقب لإسناد العُدة في الثقب عندما يفتقر التركيب إلى الجساءة.

3.6.8 سرعات وتغذيات مِثقب المجرفة (Spade Drill Feeds and Speeds) .

إن سرعة القطع لمثاقب المِجرفة هي بشكل عام أقل بمقدار 20٪ من المثاقب الإلتوائية. على أية حال، سعة التغذية لمثقب المِجرفة يمكن أن تكون أكبر بمرتين من المثاقب الإلتوائية. مصنعي مثاقب المِجرفة وبقية ناشري المراجع يزودون بتوصيات ممتازة لمعدلات التشغيل في تنوع واسع للمعادن، وهذه المعدلات المنشورة يجب أن تلاحظ. مثاقب المِجرفة تعمل بشكل أفضل تحت سرعة معتدلة وتغذية شديدة. التغذية الخفيفة جداً سوف تنتج أما شظايا طويلة وترية أو خيطية أو شظايا تختزل تقريباً إلى مسحوق. حافات قطع المِثقب سوف تتشظى وتحترق بسبب فقدان السُمك، الحرارة الممتصة، الشظايا بشكل (C).

الشظايا يمكن أن تنحشر وتتجمع بشكل حُزم والتي يمكن أن تكسر العُدة أو الشُغلة. إذا كانت الماكنة لا تستطيع تجهيز الدفع اللازم للمحافظة على

التغذية المناسبة بدون معاناة الإنحراف، فيكون من الضروري التغيير في العُدة أو الماكنة.

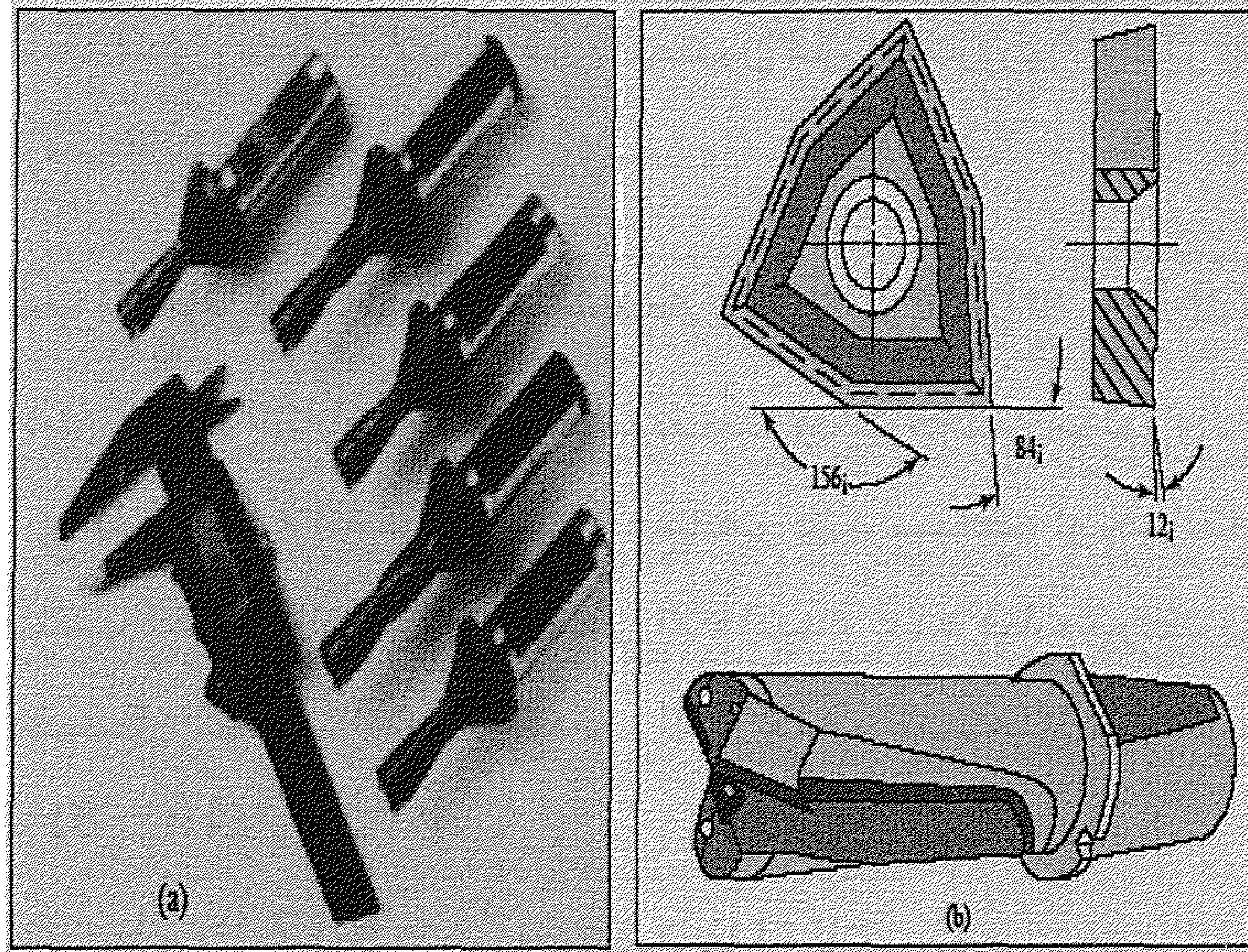
7.8 المثاقب الكاربيدية القابلة للتقسيم (Indexable Carbide Drills).

أصبحت المثاقب القابلة للتقسيم كفوءة جداً وذات كلفة مؤثرة والتي هي في بعض الأحيان أقل تكلفة لثقب التجويف عما هو عند سبكه أو حدادته. بشكل أساسي ، المِثقب القابل للتقسيم هو ثنائي الأخاديد ، عُدد قطع مركزية مع لُقم كاربيدية مقسمة. المثاقب القابلة للتقسيم التي قدمت تستخدم لُقم مربعة (إنظر الشكل رقم (8- 16)).

الشكل رقم (8-17-a) يوضح مثاقب قابلة للتقسيم تستخدم اللقمة ثلاثية التماثل (*Trigon*) الشائعة الإستخدام (إنظر الشكل رقم (8-17-b)). في معظم الحالات يتم إستخدام لُقمتان، ولكن الحجم يزداد ، حيث لُقم أكثر يتم إضافتها مع أكثر من ثمانية لُقم في العُدد الواسعة جداً . الشكل رقم (8- 18) يوضح ستة لُقم مستخدمة.



الشكل رقم (8- 16): مثاقب قابلة للتقسيم ثلاثة أحجام



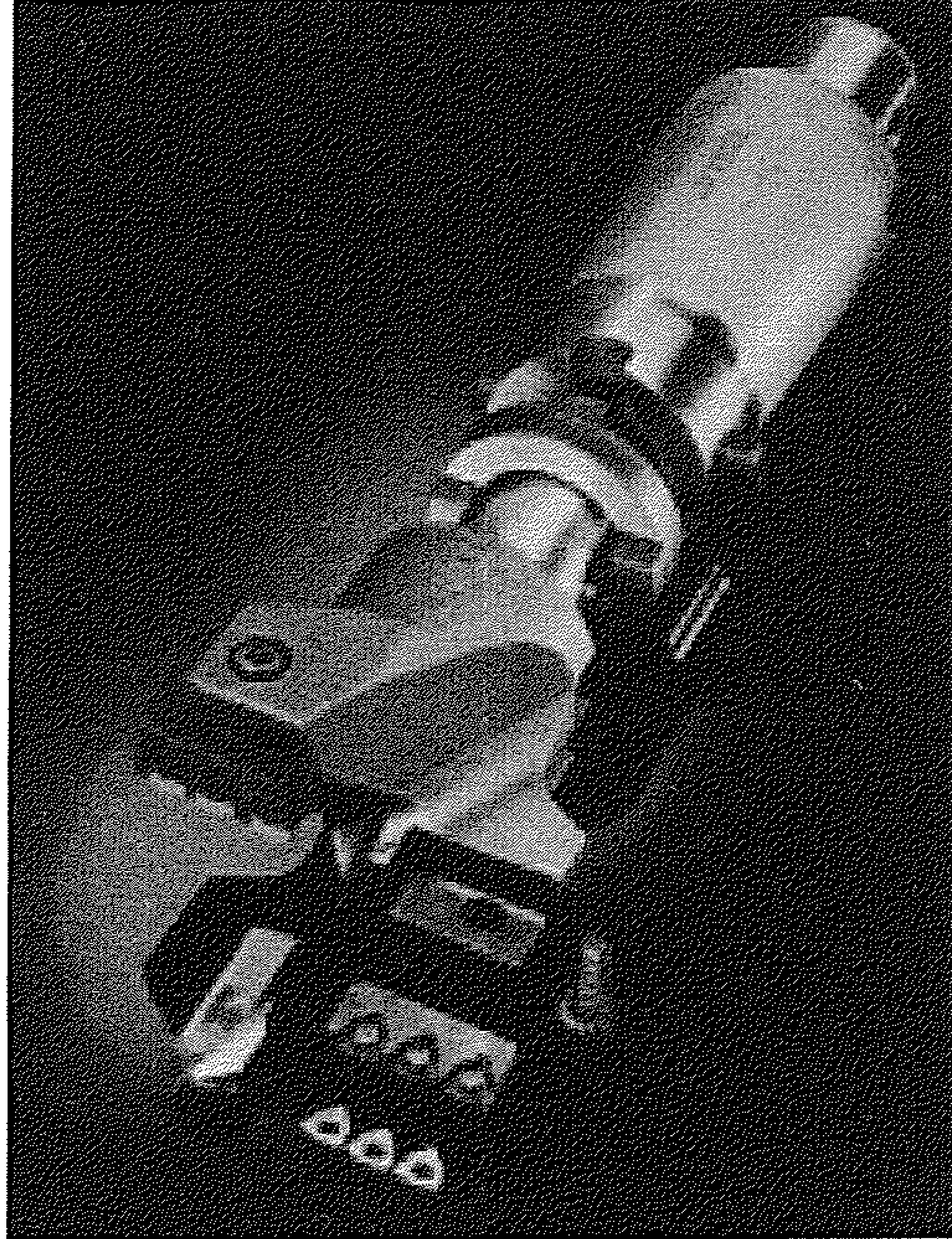
الشكل رقم (8- 17): a- مثاقب قابلة للتقسيم مع لقم ثلاثية التماثل

b- لقمة ثلاثية التماثل مع ماسك

تمتلك المثاقب القابلة للتقسيم مشكلة سرعة القطع الصفرية عند المركز حتى عندما تتجاوز السرعة ($SFPM$ 1000) عند اللُقم الأبعد. وبسبب إن السرعة تحل محل التغذية لبعض الدرجة لذلك تكون قوى الدفع عادة (25٪- 30٪) لتلك المتطلبة بواسطة العُدد التقليدية لنفس الحجم. تمتلك المثاقب القابلة للتقسيم ساق، بدن ورأس متعدد الحواف. تصاميم الساق بشكل عام المتوفرة هي المستقيمة، المستدقة، وعدد 50 شفة (V). تمتلك الأبدان إخدودان والتي بشكل إعتيادي تكون مستقيمة ولكن يمكن أن تكون حلزونية. بسبب عدم وجود حواشي للتزويد بمرتكز المحمل، العُدد يجب أن تتكل على جساءتها الذاتية وعلى التوازن في قوى القطع للحفاظ على دقة حجم الثقب والإستقامة.

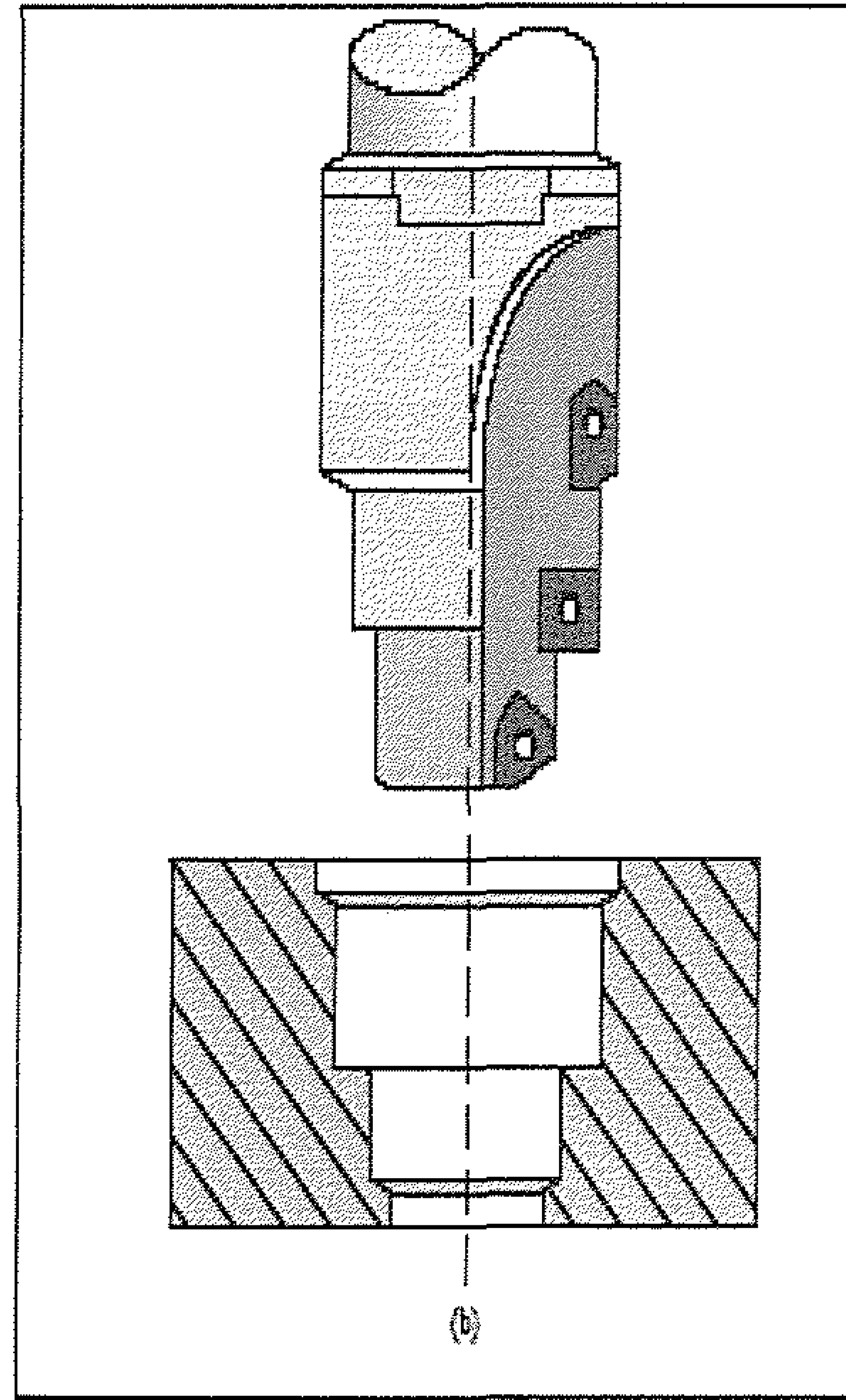
لذلك هذه العُدد عادة مُحددة لنسب الطول - إلى- القطر تقريباً 1:4. يصنع رأس المثقب من لُقم كاربيدية جيبية. هذه اللُقم عادة تكون ذات تصميم خاص. جرف القطع يمكن أن يكون سالب، متعادل، أو موجب، إعتماداً على

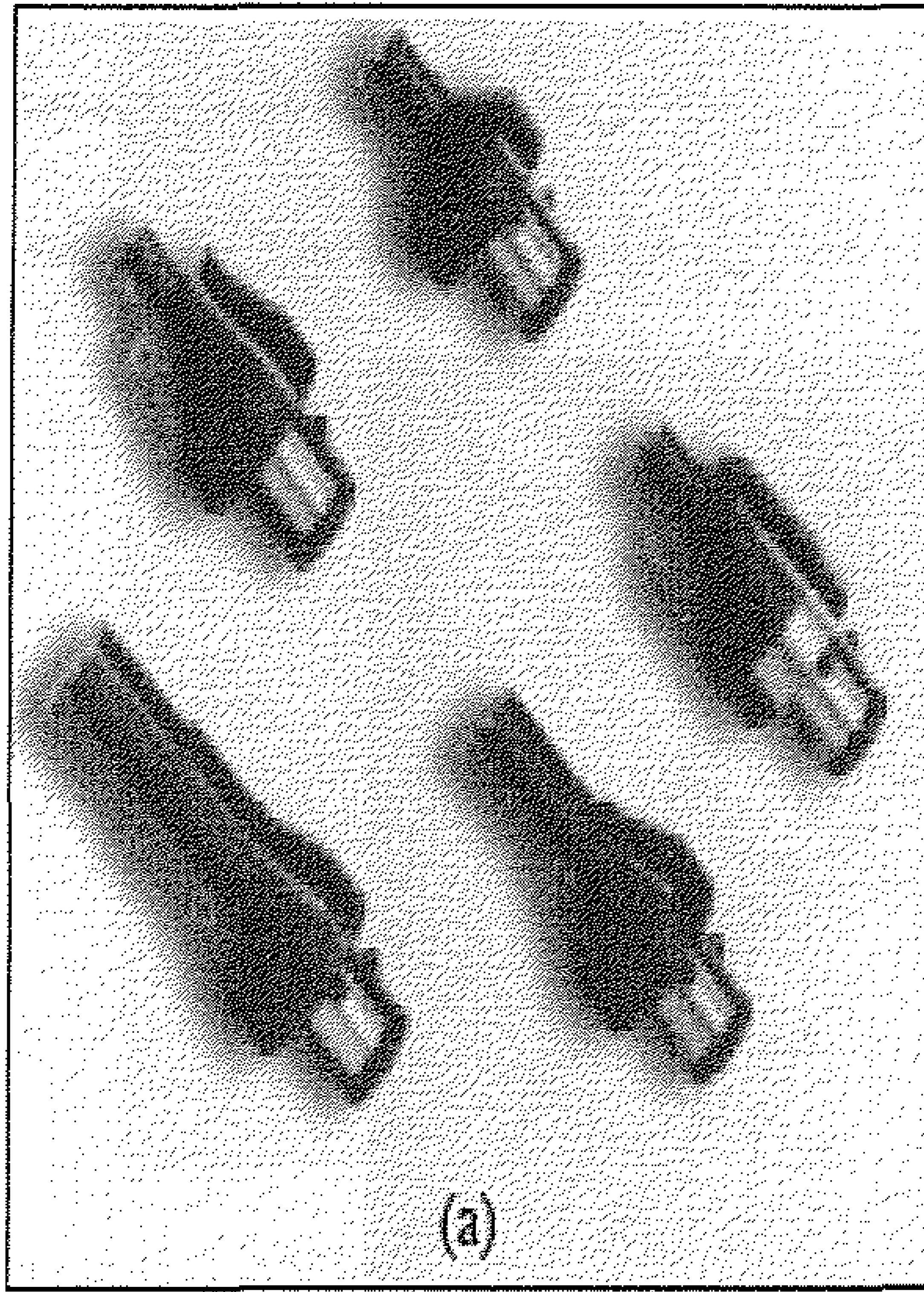
تصميم الماسك للُقمة. تتوفر الأصناف المطلية وغير المطلية لثقب مواد شُغلة متنوعة واسعة. تُجمع المثاقب في بعض الأحيان مع اللُقم القابلة للتقسيم أو القابلة للإستبدال لإنجاز أكثر من عملية واحدة مثل الثقب، التثقيب، والتغطيس.



الشكل رقم (8- 18): مثقب قابل للتقسيم يستخدم ستة لقم ثلاثية التماثل

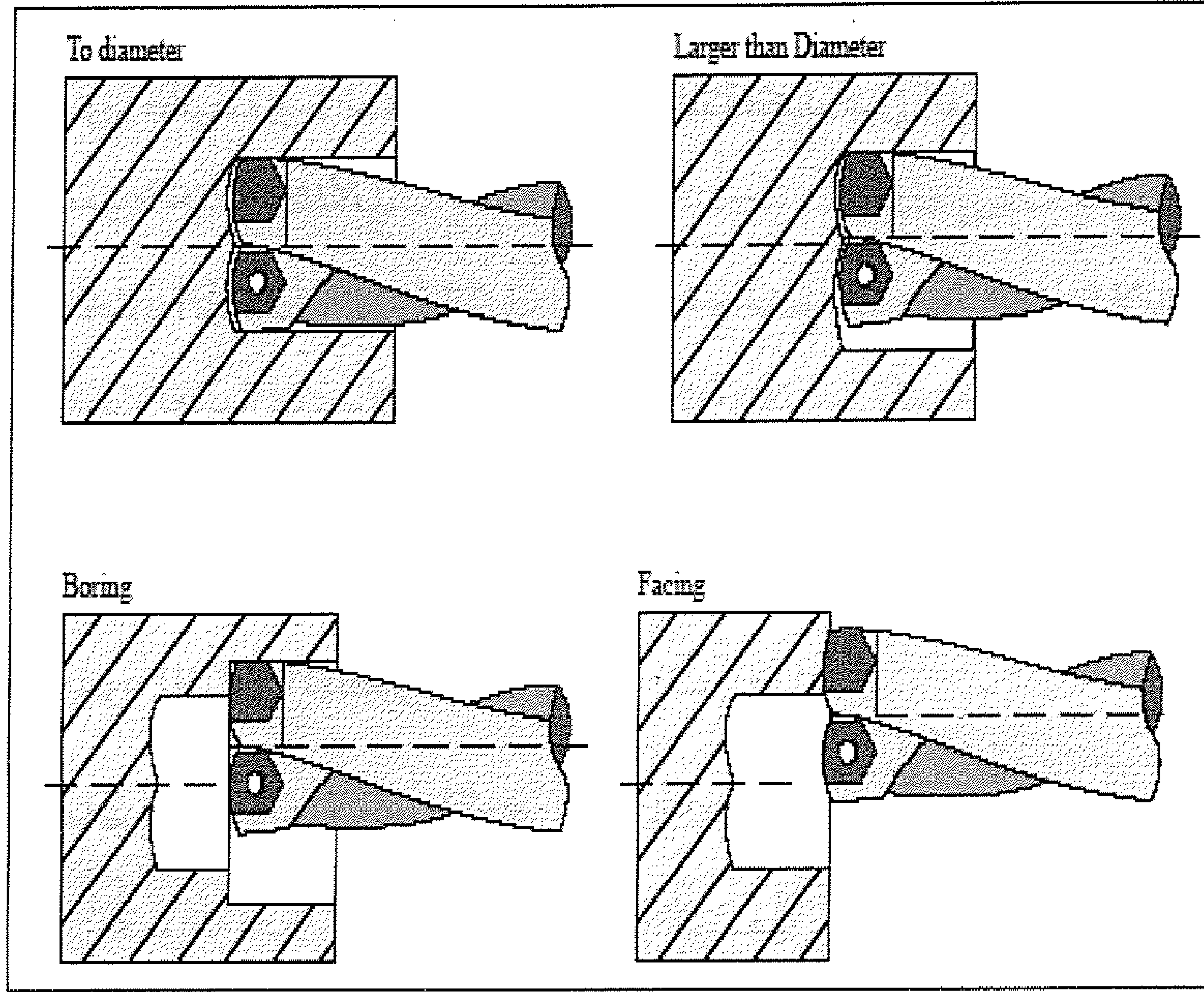
كما موضح في الشكل رقم (8-19-a) و (8-19-b) فأن البدن المثبت لعُدد اللقمة يمكن أن ينجز عمليات متعددة. أكثر الأمثلة سوف توضح وتناقش في الفصل العاشر (عمليات ومكائن التثقيب). جميع هندسية حافات القطع مهمة لعمل المثاقب القابلة للتقسيم. كما نوه له مسبقاً، ليس هنالك حواشي إسناد لإبقاء هذه العُدد على الخط، لهذا القوى المتطلبة لتحرك حافات القطع خلال مادة العمل يجب أن توازن لخفض انحراف العُدة، وخصوصاً في البداية، وللحفاظ على حجم الثقب.





الشكل رقم (8- 19): البدن المثبت لعُدد اللقمة يمكن أن ينجز عمليات متعددة

في حين إن المثاقب القابلة للتقسيم تصمم بشكل أساسي للثقب، إلا إنها يمكن أن تنجز التسوية والتثقيب في تطبيقات المخرطة وكما موضح في الشكل رقم (8- 20). إن كيفية انجاز هذه العُدد لتطبيقاتها بشكل جيد يعتمد على حجمها، جساءتها، وتصميمها.



الشكل رقم (8- 20):.المثاقب القابلة للتقسيم تستطيع إنجاز عمليات التسوية والتثقيب

1.7.8 عملية تشغيل مثقب الكاربيد المقسم (Indexable Carbide Drill Operation) .

يكون إنجاز المثاقب المقسمة مؤثر إذا إستخدمت تحت ظروف مناسبة. على أية حال، يجب أن يتم إتباع توصيات المصنعين بحرص من أجل تطبيقات ناجحة. دقة التركيب والجساءة هي الأكثر أهمية لعُمر العُدة والإنجاز. إن الإصطكاك سوف يدمر لُقم الثقب تماماً كما يدمر لُقم الخراطة والتفريز. إذا سقطت اللُقم عندما تكون العُدة دوارة في الثقب عند سرعة عالية، فأن الماسك والشُغلة سوف يتضرران.

حتى إذا كان ضعف الجساءة له تأثير صغير على عُمر العُدة، إلا إن حجم الثقب والإنهاء سوف يكونان رديئين. يجب أن تكون الماكنة قوية، ثابتة، وذات قدرة للسرعة العالية. مكبس المثقب نصف القطري، بشكل عام لا يلاقي متطلبات الجساءة. المخارط الأثقل، فرازات التثقيب الأفقية، وتشغيل المراكز N/C هي عادة ملائمة. عند تنصيب العُدة في الماكنة، فأن نفس الممارسة الجيدة التي يتم

إتباعها لبقية أنواع المثاقب يجب أن تأخذ بنظر الإعتبار للمثاقب المقسمة. السيقان يجب أن تكون نظيفة وخالية من الزعانف للتأكد من التثبيت الجيد ولخفض الإنتحاء الأقصى (*Run Out*).

إن الإنتحاء الأقصى في المثاقب المقسمة واسع بشكل مثير للإنتباه بسبب سرعات التشغيل العالية ومعدلات الإختراق العالية. عندما تقسم اللُقم فمن الضروري التأكد بأن الحافظات نظيفة وغير متضررة. البقع الصغيرة أو الذرات والأوساخ أو الرايش والزعانف سوف تسبب إجهاد في لُقمة الكاربيد مما ينتج عنه شق مجهري والذي سوف يقود للفشل المبكر للُقمة في دورات العمل.

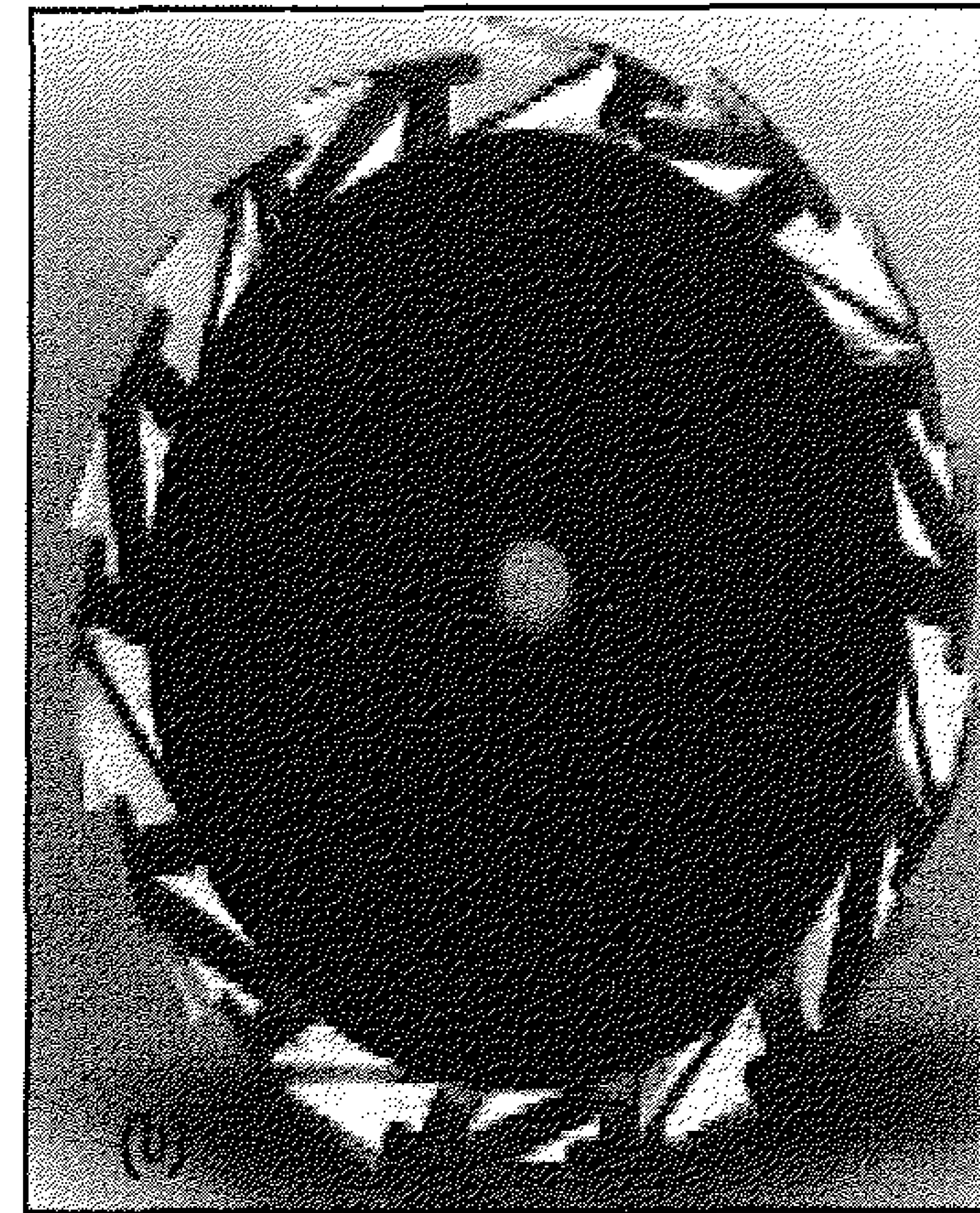
2.7.8 سرعات وتغذيات المِثقب المقسم (Indexable Drill Feeds & Speeds)

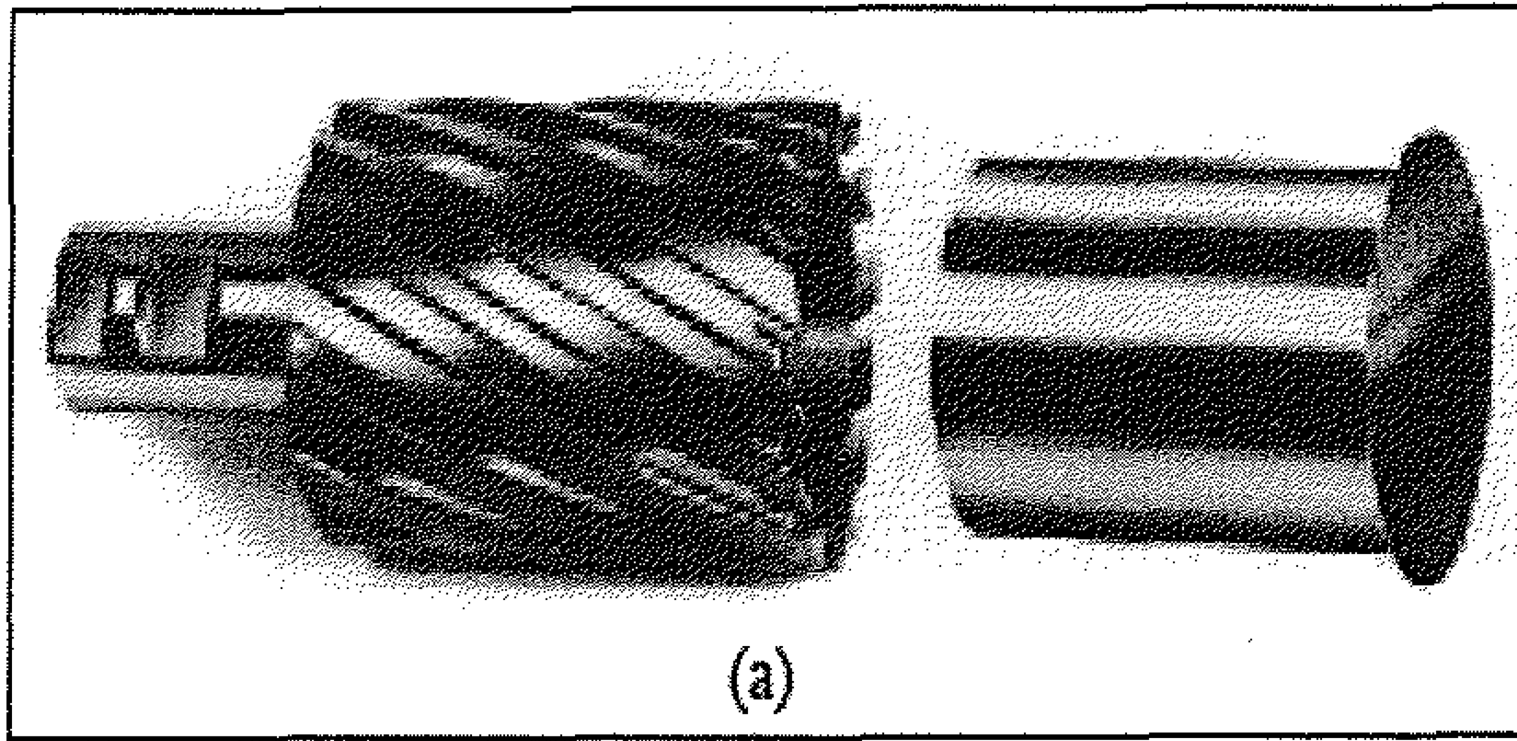
المثاقب المقسمة حساسة جداً لمعدلات التشغيل ولمواد العمل . مديات التغذية والسرعة للمواد المختلفة، كما تم التوصية بها من بعض المصنعين لهذه العُدد، يمكن أن تكون واضحة أو مبهمة، لكنها يمكن أن تستخدم كنقاط بداية في حساب معدلات التغذية والسرعة المضبوطة. إختيار معدلات التغذية والسرعة الصحيحين، بالإضافة إلى إختيار شكل اللُقمة المناسب والصنف يتطلب بعض التجربة. تكوين الرايش عامل حرج ويجب أن يكون صحيح، وعموماً، الفولاذ واطئ الكاربون اللين يستلزم سرعة عالية (650 *SFPM*) أو أكثر، وتغذية واطئة (0.004/0.006 *IPR*).

أنواع الفولاذ متوسطة وعالية الكاربون بالإضافة إلى حديد الزهر عادة تستجيب بشكل أفضل لسرعة واطئة وتغذية أعلى. أوضاع السرعة والتغذية الدقيقة يجب أن تكون منسجمة مع ظروف الماكنة والتركيب، مقاس الثقب ومتطلبات الإنهاء، وتكوين الرايش لعمل خاص.

8.8 الثقب المنشاري (Trepanning) .

في الثقب المنشاري (التقوير) تنتج عُدة القطع الثقب بواسطة إزالة قطعة ذات شكل قرصي وتسمى كذلك الكتلة أو القلب والتي عادة من الصفائح المستوية. ينتج الثقب بدون إختزال كل المادة المزالة إلى شظايا، كما في حالة الثقب العادي. عملية الثقب المنشاري يمكن أن تستخدم لصنع الأقراص بقطر أكبر من ("6)، من الألواح المستوية. عُدة الثقب المنشاري تدعى كذلك (*Rotabroach*) مع قلب أو كتلة موضحة في الشكل رقم (8-21-a) ومنظر خلفي للعُدة موضح في الشكل رقم (8-21-b).

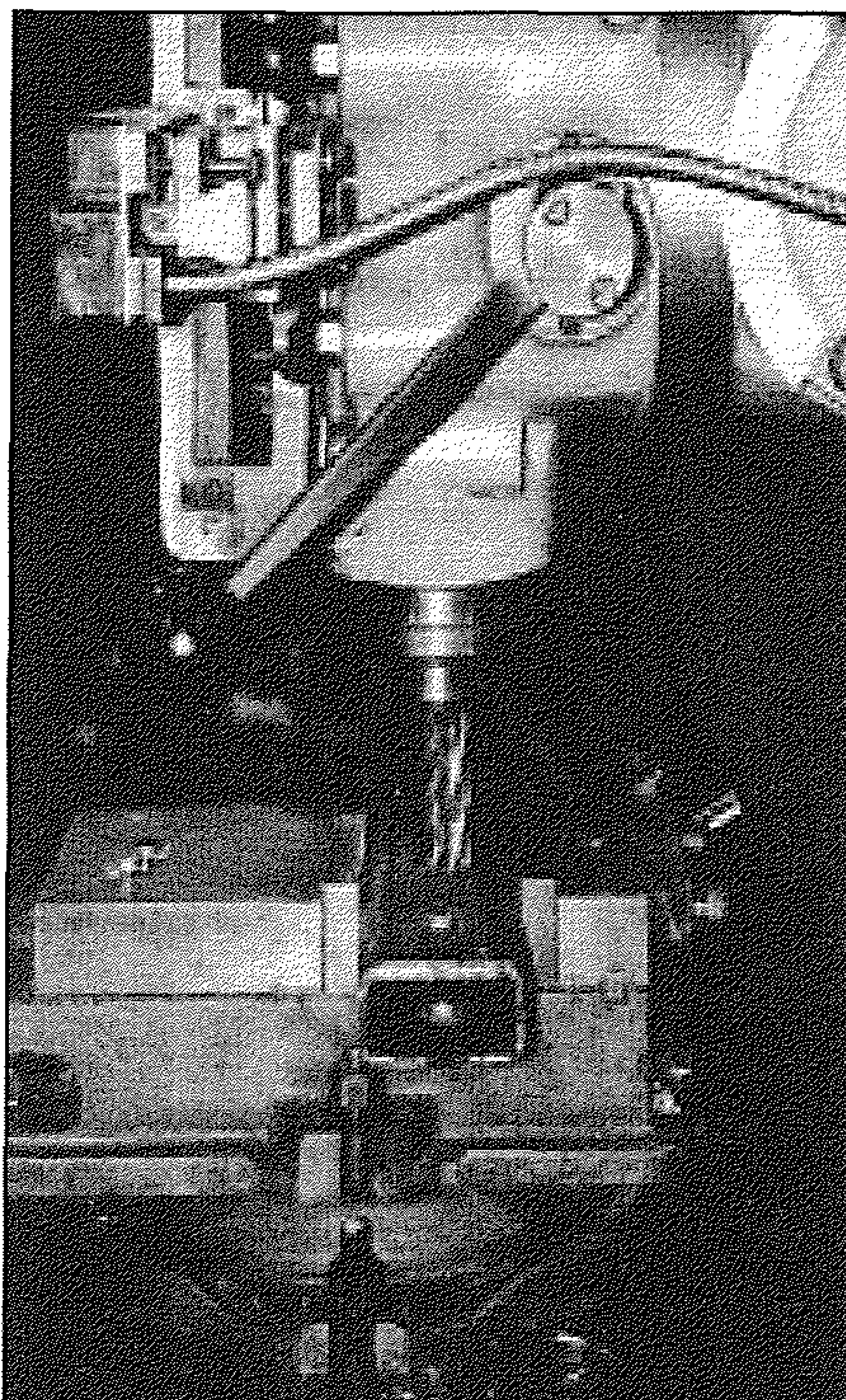




الشكل رقم (8- 21): a- عُدة ثقب منشاري مع قلب

b- منظر خلفي للعُدة

يمكن أن ينفذ الثقب المنشاري على المخارط، مكابس المثقب، وماكنات التفريز، بالإضافة إلى المكائن الأولى المستخدمة عُدد إتصال مفرد أو متعدد الإتصال. الشكل رقم (8- 22) يوضح عملية تشغيل قاطع ثقب منشاري للثقوب خلال كلا الجانبين لإنبوب مستطيل على ماكنة تفريز عمودية.

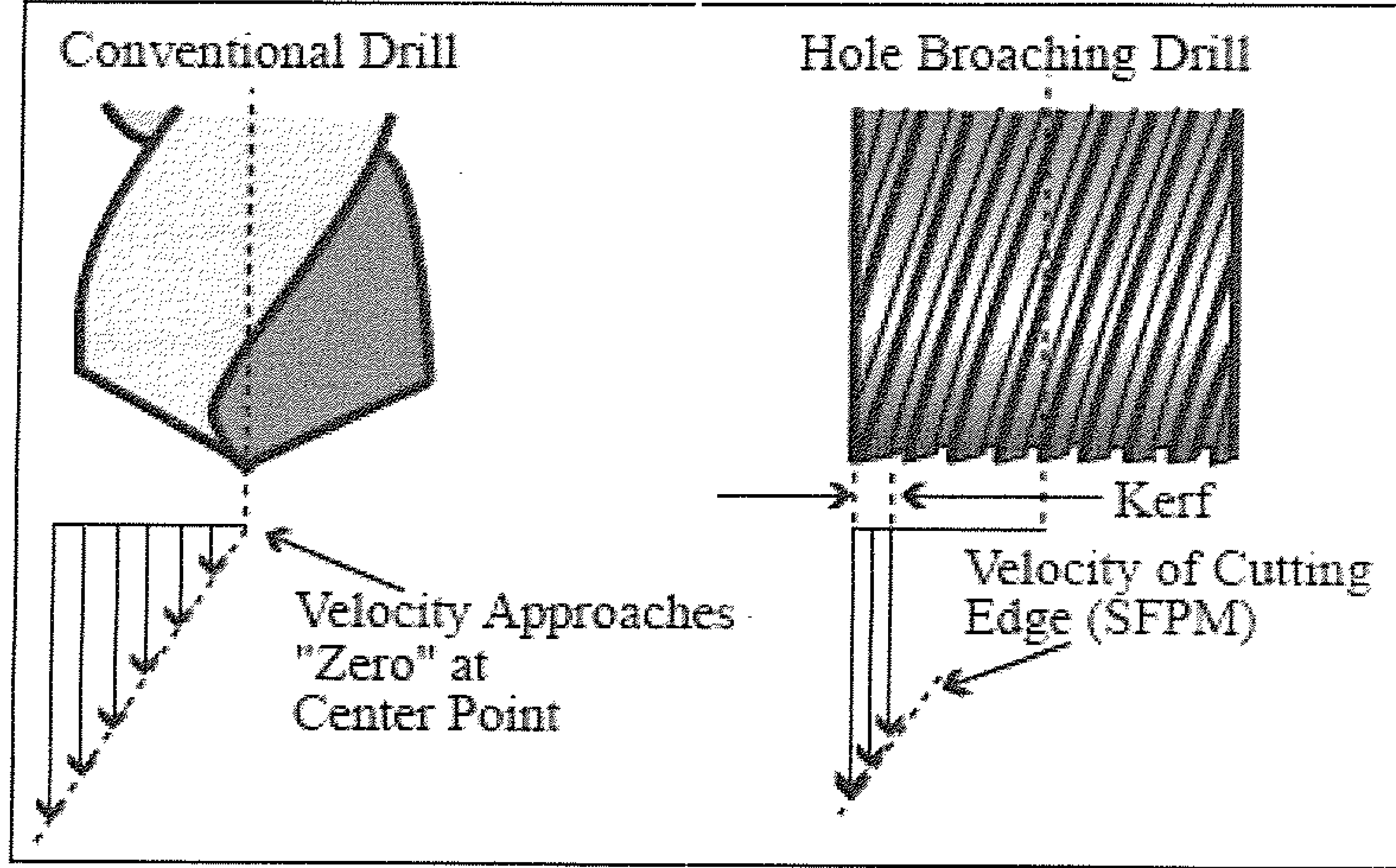


الشكل رقم (8- 22): عملية تشغيل قاطع ثقب منشاري على ماكنة تفريز عمودية

تزود مثاقب الثقب المنشاري بعُمر عُدة أوسع بسبب إمتلاكها أسنان أكثر مما هو عليه في عُدد الثقب التقليدية. بما إن أسنان أكثر تتعشق في الشُغلة، فأن قطع المادة لكل ثقب سوف يتوزع فوق أوسع عدد لحافات القطع، حيث كل حافة قطع تقطع أقل مادة لثقب مُحدد، وهذا يوسع عُمر العُدة بشكل هام. المثاقب التقليدية يجب أن تكافح مع مساحة النقطة الميتة (*Dead Center Area*) التي تكون معرضة للتشظي، لهذا يُختزل عُمر العُدة.

في منطقة حافة الأجنة للمثاقب التقليدية تقترب سرعة القطع للصفر، وهذا مختلف تماماً عن السرعة عند القطر الخارجي للمثقب، وأيضاً تكون قوى الدفع عالية نتيجة لهندسية الرأس. المثاقب المنشارية تقطع المنطقة من القطر الخارجي للكتلة إلى القطر الخارجي للمثقب. بما إن قطع منشار صغير هو الذي يشغل، فأن سرعة القطع لا تختلف كثيراً عبر وجه السن. هذه الميزة تطيل عُمر العُدة وتزود

بقابلية تشغيل منتظمة. الشكل رقم (8- 23) يوضح عملية ثقب تجويف مع مثاقب عادية وثقب بمثاقب منشارية.

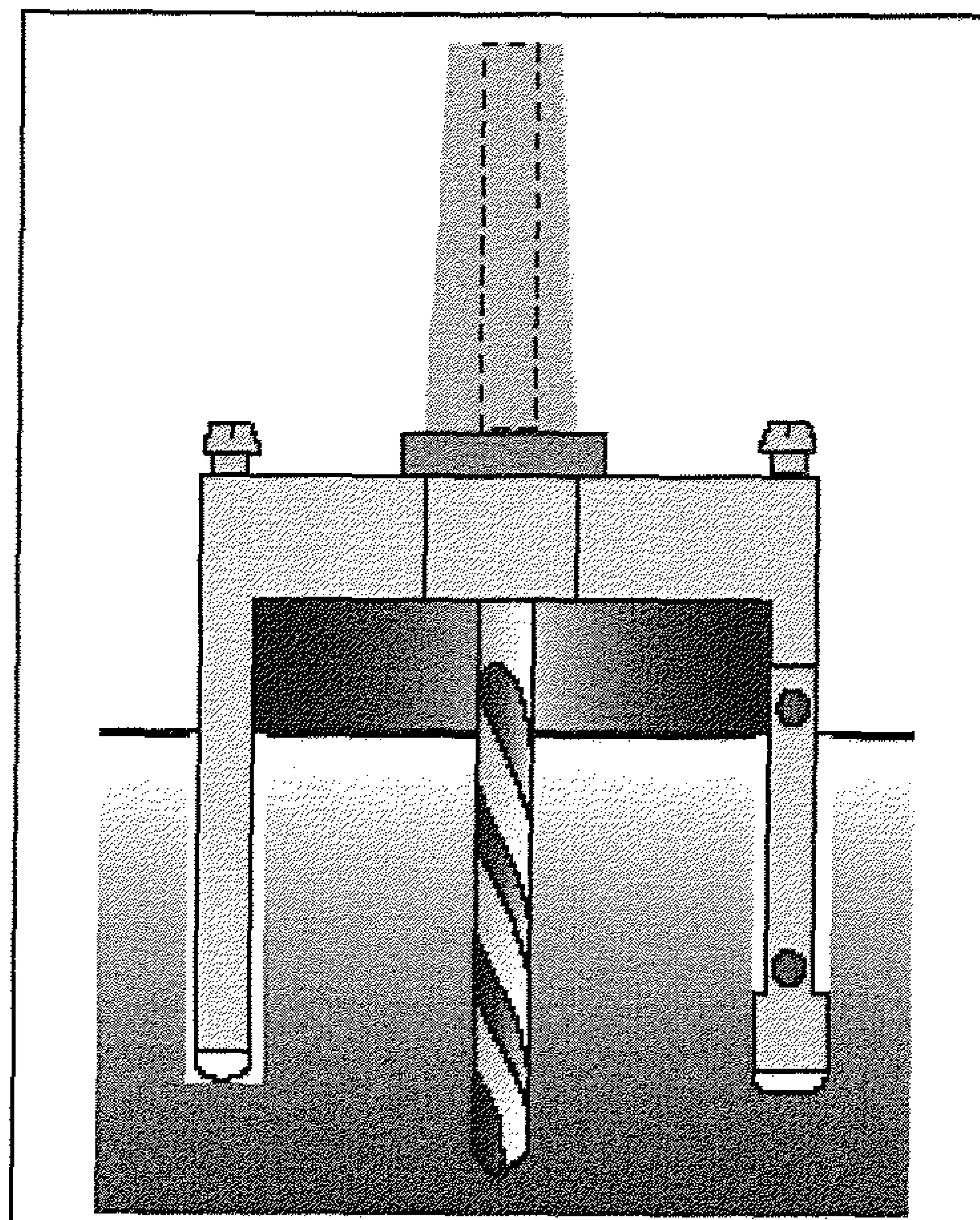


الشكل رقم (8- 23): عملية الثقب مع مثقب تقليدي وآخر منشاري

1.8.8 عمليات الثقب المنشاري (Trepanning Operations).

الثقب المنشاري هو عملية تخشين. الإنهاء يستلزم عملية ثانوية تستخدم البراغل أو قضبان التثقيب للحصول على مقاس وإنهاء مُحددين. من بين أنواع عديدة لعمليات صنع الثقوب، فأن المثقب المنشاري يتنافس مع قاطعات الكاربيد المقسمة ومِثقب المِجرفة. تستخدم عدة أنواع للعُدة للثقب المنشاري، أكثرها أهمية بشكل أساسي هي القاطع مفرد أو مزدوج الرأس (الشكل رقم (8- 24)). أن دورانها حول الخط المركزي لعمود الدوران يعمل على قطع محيط الثقب.

عادة، المثقب الدليلي (*Pilot Drill*) يعمل على تمركز العُدة ويدير القاطع الدوار مثل فرجال يخطط دائرة على الورقة. عُدد المثقب المنشاري مفردة/مزدوجة الرأس غالباً تكون قابلة للتعديل ضمن قطرها العامل.



الشكل رقم (8- 24):عدة ثقب منشارى تقليدية تدور حول مركز المثقب

المثاقب المنشارية كفوءة ومتعددة الإستعمالات لكن العمل يبدأ بالمعاناة من مشاكل الجساءة عند قطع ثقوب واسعة بقطر ($6\frac{1}{2}$") هو حوالي الأعظم. منشار الثقب (*Hole Saw*) هو عُدة أخرى التي تفتح الثقوب. هذا المنشار هو نسخة معدلة لقطع المعدن لقاطعات الثقب لماسك الباب المألوفة المستخدمة في الخشب. مناشير الثقب تمتلك عَدد أسنان أكثر ولذلك يقطع أسرع مما هو عليه في العُدد أحادية أو مزدوجة الإتصال. كل من مناشير الثقوب والعُدد أحادية الإتصال تلف الرايش في الفراغ أو الإخدود بين الأسنان، وتحمله معها في القطع.

عُدد شد الثقب (*Hole Broaching*) هي مثاقب منشارية هجينة (الشكل رقم (a,b-12-8))، حيث إنها تجمع الأخاديد الحلزونية مثل المِثقب مع مُخلق ثقوب يشبه هندسية العُدة التقدمية التي تشقق الشظايا بحيث إنها تخرج القطع على طول الأخاديد. مع هذا التصميم، العَدد الواسع لحافات القطع وتفريغ الرايش، يجمع لخفض تحميل الرايش لكل سن بحيث هذا المثقب يستطيع القطع عند معدلات

تغذية أعلى عما هو عليه في العُدد المنشارية ومناشير الثقب. مثل مناشير الثقب، عُدة شد الثقب تمتلك قطر ثابت، حيث حجم واحد يوافق ثقب واحد.

2.8.8 إختيار مادة عُدة القطع (Cutting Tool Material Selection)

فولاذ السرعات العالية M_2 (HSS) هو مادة عُدة القطع القياسية للقطع المنشاري. M_2 يمتلك مدى التطبيق الأوسع وأكثر مواد العُدة الإقتصادية. يمكن أن يستخدم M_2 على المواد الحديدية واللآحديدية، ويوصى به عموماً لقطع المواد فوق $(275\ BHN)$، ويمكن أن يطبق للمواد الأصلد ولكن عُمر العُدة ينخفض بشكل مثير للإنتباه. مثاقب النشر أو التقوير M_2 المطلية بنتريد التيتانيوم (TiN) تستخدم للسرعات الأعلى، ثبات أعلى، مواد أصلد أو فعل قطع حر لخفض الطاقة المستهلكة.

طلاء (TiN) يخفض الإحتكاك والتشغيل عند درجات حرارة معتدلة، بينما يظهر سطح حافة قطع أصلد. إن زيادة سرعة القطع (15٪- 25٪) يوصى به للحصول على فائدة هذه المعاملة السطحية. إن الإختزال في الإحتكاك والمقاومة لحد القطع الناشئ هو مفتاح الفائدة. القدرة على التشغيل عند سرعات عالية عند قدرة واطئة هو مساعد للتطبيقات حيث عدة الماكنة هي تحت طاقة منخفضة والعُدد المطلية بنتريد التيتانيوم يوصى بها لمثل هذه التطبيقات.

عُدد نتريد التيتانيوم المطلية يوصى بها للتطبيقات على المواد لصلادة $(325\ BHN)$. مواد عُدة القطع الكاربيدية متوفرة كذلك كإختيار خاص على مثاقب التقوير$(Rotabroach)$. يقدم الكاربيد مزايا معينة فوق فولاذ السرعات العالية. التطبيقات مُحددة وتحتاج إلى المناقشة مع مندوب المُصنع.

3.8.8 الثباتية وتفاوت مقاس الثقب (Rigidity and Hole Size Tolerance) .

مثاقب النشر صُممت بشكل أولي كعُدد تخشين للتنافس مع المثاقب الإلتوائية وتعطي نفس تفاوتات الثقب. العديد من المستخدمين طبقوا بنجاح مثاقب

النشر في تطبيقات شبه الإنهاء، خافضة عدد المشاوير من اثنين أو أكثر إلى واحد فقط. ثبات أو جساءة عُدة الماكنة والتركيب مطلوب لإنتاج ثقوب لهذه التطبيقات. التفاوتات سوف تتنوع مع التطبيق وهي مستحيلة لطرف الرأس الدقيق، ثباتية عمود الدوران أو الشد (*Tightness*) وثباتية الشُغلة هي حرجة أكثر وحاسمة عما هو عليه مع المِثقب الإلتوائي.

إن الرأس المخروطي للمِثقب الإلتوائي يميل ليُمركز نفسه قبل أن يتعشق القطر الخارجي للعُدة مع الشُغلة حتى إذا كان يدور خارجاً بشكل طفيف في البداية. الدفع العالي للمِثقب الإلتوائي يميل كذلك للتحميل المسبق لعمود الدوران والمثبت. قاطع المثقب المنشاري يتكل بشكل أكبر على ثباتية النظام (الشُغلة، الماسك، وعمود الدوران).

أذا كان عمود الدوران مُنتحي بشكل مفرط، أو يزداد سوءاً، فسوف يتولد تقلقل عمود الدوران، والقاطع ربما يصطك عند الدخول. أو عند أفضل الحالات سوف يقود لتكون ثقب ناقوسي مع إنهاء فقير، ولكن من السهولة أن يؤدي إلى كسر المِثقب. تعتمد تفاوتات الثقب على أكثر من الدقة لأي عُدة وشحذها. عُدة الماكنة، الشُغلة، المثبت، إختيار السرعات والتغذيات، الإسقاط ونوع التطبيق تلعب كذلك دور مهم في تحديد النتائج الكلية.

4.8.8 السيطرة على الرايش (Chip Control).

في المواد مثل الألمنيوم، أنواع فولاذ العُدة، حديد الزهر، يسبب الإختيار المناسب للتغذيات والسرعات عادة بكسر الشظايا ويسمح لها بالتدفق خارج القطع بواسطة سائل القطع. في مواد أخرى عديدة مثل الفولاذ الطري والسبائكي، تميل الشظايا لتكون أطول وتفتل نفسها بشكل كبير حول المِثقب لتكوين تركيب يشبه عش الطائر (*Birds Nest*). في معظم العمليات اليدوية يعتبر هذا الشيء الأكثر إزعاجاً والذي يُعادل بواسطة الفوائد الأخرى للطريقة. في العمليات الآلية، بناء الشظايا حول المِثقب لايمكن التساهل معها.

إضافة إلى المشاكل أعلاه، التي يمكن أن تحدث، المجموعة المتداخلة للشظايا تعيق جريان الشظايا الإضافية التي تحاول الخروج من الأخاديد. هذا الشيء في الدوران يمكن أن يسبب حشو الأخاديد وربما ينتج في كسر المِثقب. هنالك طرق عديدة التي يمكن أن تستخدم لكسر الرايش، إذا كان غير ممكن إنجازه بواسطة ضبط السرعات والتغذيات. واحدة من هذه الطرق هي إستخدام دورة تغذية متقطعة. وينصح بأن لا يكون المِثقب مرتد كما هو مع دورة القِمة (*Peck Cycle*)، بسبب إن الشظايا ربما تصبح مستقرة تحت حافات القطع.

وبدلاً عن ذلك يتم إستعمال فترة توقف طفيفة جداً كل دورتين تقريباً. وهذا الأمر سوف ينتج رايش الذي عادة يكون قصير بشكل كافٍ بحيث لا يلتف حول العُدة. التوقف القصير المبرمج ربما لا يكون ضروري لان بعض التوقف التلقائي محتمل التأصل بين التغذية المتتابعة المسيطر عليها في نظام التحكم الرقمي (*NC*).

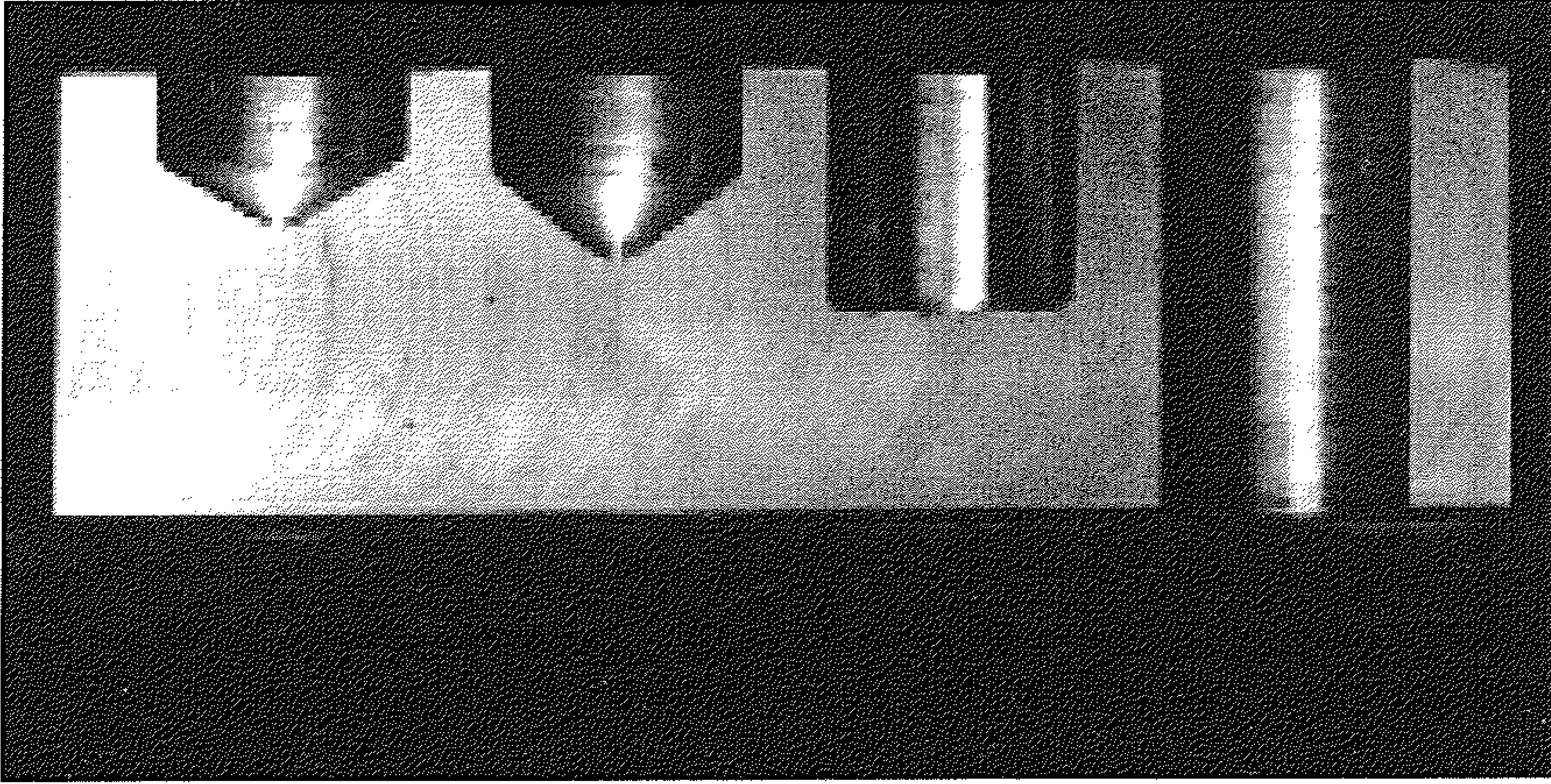
5.8.8 مزايا عُدد الثقب المنشاري (Advantages of Trepanning Tools).

يمتلك المثقب الإلتوائي رأس مركزي، والذي هو ليس رأس بالمعنى الحقيقي عند الكل. هو خط متقاطع حيث زاويتان لحافة القطع يلتقيان عند شبكة المِثقب. ويسمى هذا الرأس بالمنطقة الميتة (*Dead Zone*) للمِثقب الإلتوائي. وسبب هذه التسمية جاءت بسبب كون السرعة السطحية لحافات القطع (عامل للدورات لكل دقيقة وقطر المِثقب) تقترب من الصفر عند إقتراب القطر المماثل للصفر. سرعة السطح الأبطأ تختزل كفاءة القطع وتتطلب زيادة ضغط التغذية لحافات القطع من أجل الحفر داخل المادة.

في الواقع، مركز المِثقب لا يقطع وإنما هو يدفع طريقه خلال المادة. مقدار الدفع المطلوب للتغلب على مقاومة الشُغلة عادة يسبب تشوه المادة الخام أو يكون ناتئ حول الثقب، ويخلق مشكلة ثانية وهي البروزات (الزعانف) أو القشور حول جانب الثقب المخترق. عندما تصبح المادة عند القعر أنحف وأنحف، فأن المِثقب سوف

ينـدفع خلالهـا إذا لم يـتم تخفيـف التغذيـة تاركـاً بشـكل نمـوذجي نتـوئين حـادين متبقيين للخام متعلقين.

عُدد الثقب المنشاري تنتج الثقوب أسرع من أكثر العُدد التقليدية كما هو موضح في الشكل رقم (8- 25). من اليسار إلى اليمين يوضح ثقب ("$1\frac{1}{2}$") مثقوب داخل صفيحة فولاذ (1018) بسمك (2") مع مِثقب مِجرفة، مع مثقب التوائي، مع مثقب كاربيد قابل للتقسيم، ومع مثقب منشاري (تقوير).

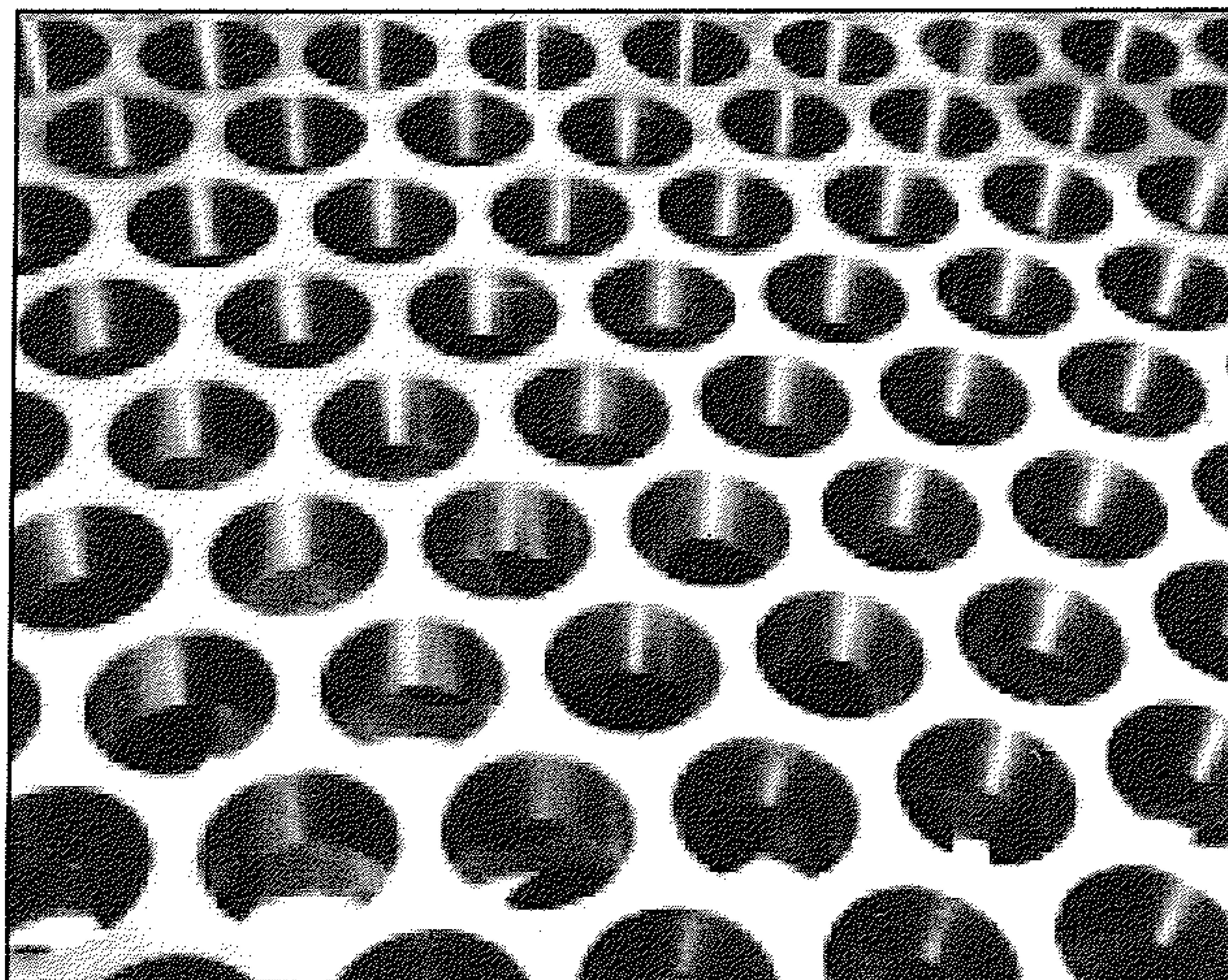


الشكل رقم (8- 25): عمليات ثقب مختلفة مع مثاقب متنوعة

ومع زمن ثقب أسرع بحوالي (50٪- 80٪)، فان الكلفة لكل ثقب يمكن أن تقل بشكل فعلي. إن المصدر الهام غير المباشر لا يزال للمدخرات المنسوبة لعُدد الثقب المنشاري هو الكتلة الصلدة التي تعطيها. الشظايا المنفصلة من سائل التبريد والزيوت والمتزايدة تنتقل بواسطة عربات الخردة، في تطبيق واحد، بينما الأرباح الهامة في الإنتاجية كانت تصنع مع عُدد تقوير الثقب، المدخرات في الذهاب من الشظايا للكتلة الصلبة كان كافياً لتبرير التغير في العملية. في الشكل رقم (8- 26) الشُغلة هي ماسك إنبوب لصناعة مبادل حراري.

عندما يتم الإنتهاء من هذه الشُغلة فإن أكثر من 60٪ للصفيحة أختزلت للخردة. (60٪) من الصفيحة المستخدمة للمبادل الحراري كانت قد حولت إلى

شظايا بواسطة عدد كبير من الثقوب المثقوبة. إلى جانب زيادة الإنتاج، فأن القلب الصلب لعُدد المثقب المنشاري ترفع نسبة الخردة من 0.17$ لكل باوند للرايش إلى 0.37$ لكل باوند لقلب المعدن المنتج.

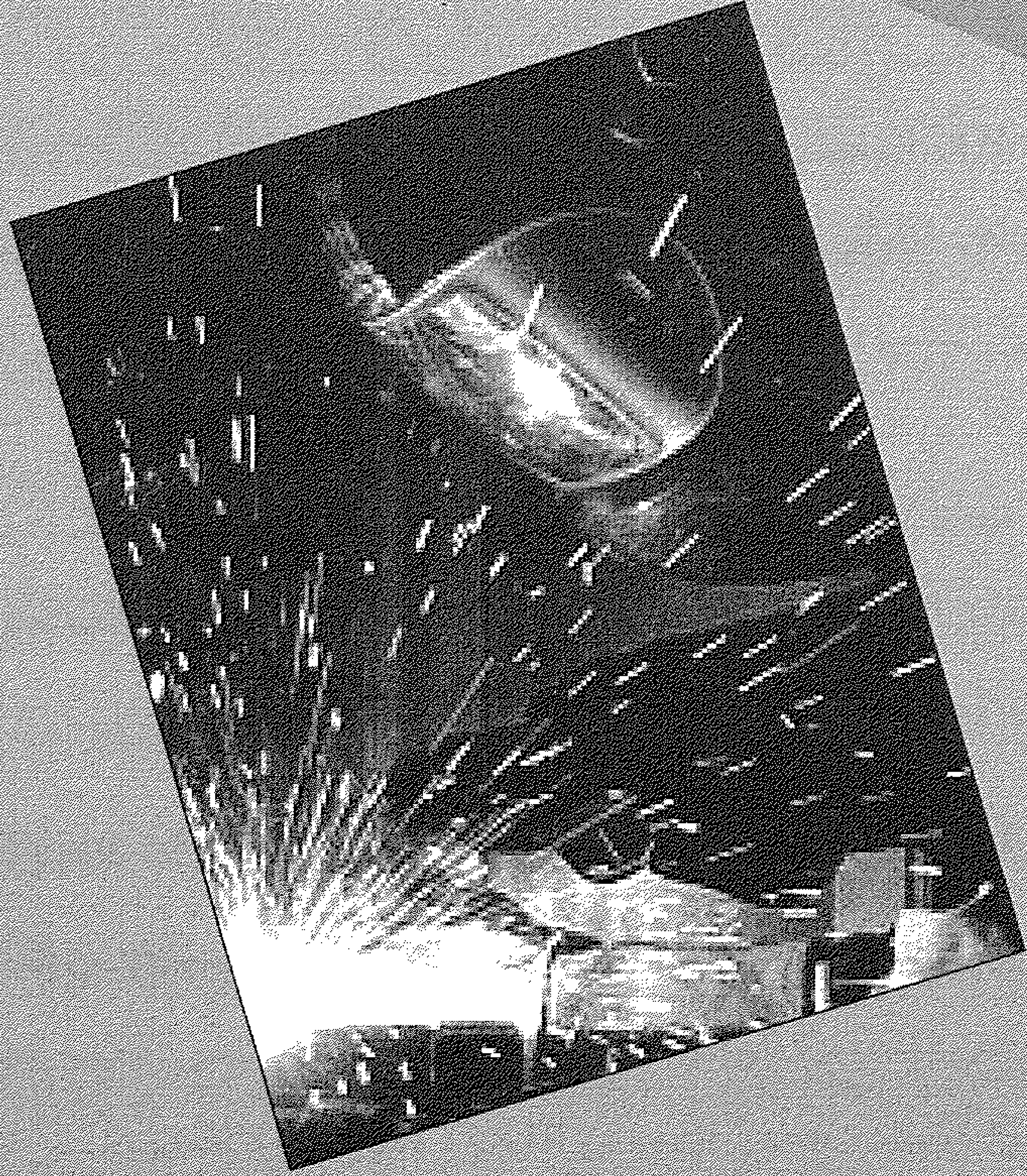


الشكل رقم (8- 26): تحويل 60٪ من صفيحة المبادل الحراري إلى رايش

الفصل التاسع

طرق وماكنات الثقب

Drilling Methods and Machines



9

الفصل التاسع

طُرق وماكنات الثَّقب

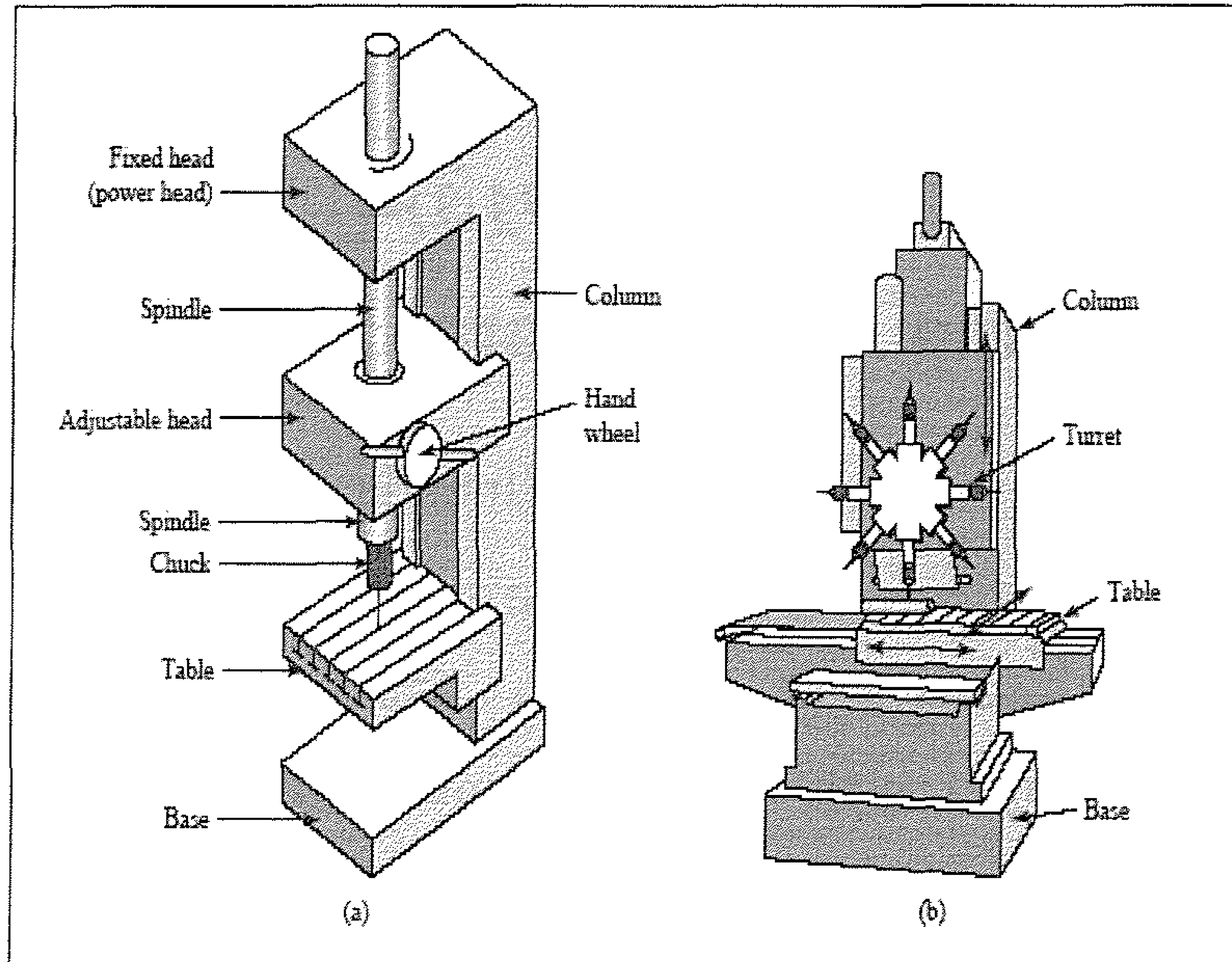
Drilling Methods and Machines

1.9 المقدمة (Introduction) .

إن أحد أكثر العُدد أهمية وتعتبر أساسية في أي ورشة تشغيل المعادن هي ماكنة الثقب أو مكبس الثقب. وعلى الرغم من إن ماكنة الثقب تستخدم بشكل رئيسي لعمل الثقوب، فأنها غالباً تستخدم للبرغلة (*Reaming*)، التثقيب (*Boring*)، التغطيس (*Counters Sinking*)، التغطيس الاسطواني (*Counter Boring*)، اللولبة الداخلية أو القلوظة (*Tapping*)، والتسوية الموضعية. جميع مكائن الثقب تعمل على نفس المبدأ الأساسي. يقوم عمود الدوران بتدوير عُدة القطع التي تتقدم يدوياً أو آلياً داخل الشُغلة المثبتة على المنضدة أو تمسك في ملزمة مكبس الثقب. إن التشغيل الناجح لأي ماكنة ثقب يتطلب معرفة جيدة بالماكنة، التركيب المناسب للعمل، السرعة والتغذية الصحيحتين، والإستخدام المناسب لسوائل القطع المطبقة لعُدة القطع والشُغلة.

2.9 أنواع مكابس الثقب (Types of Drill Presses) .

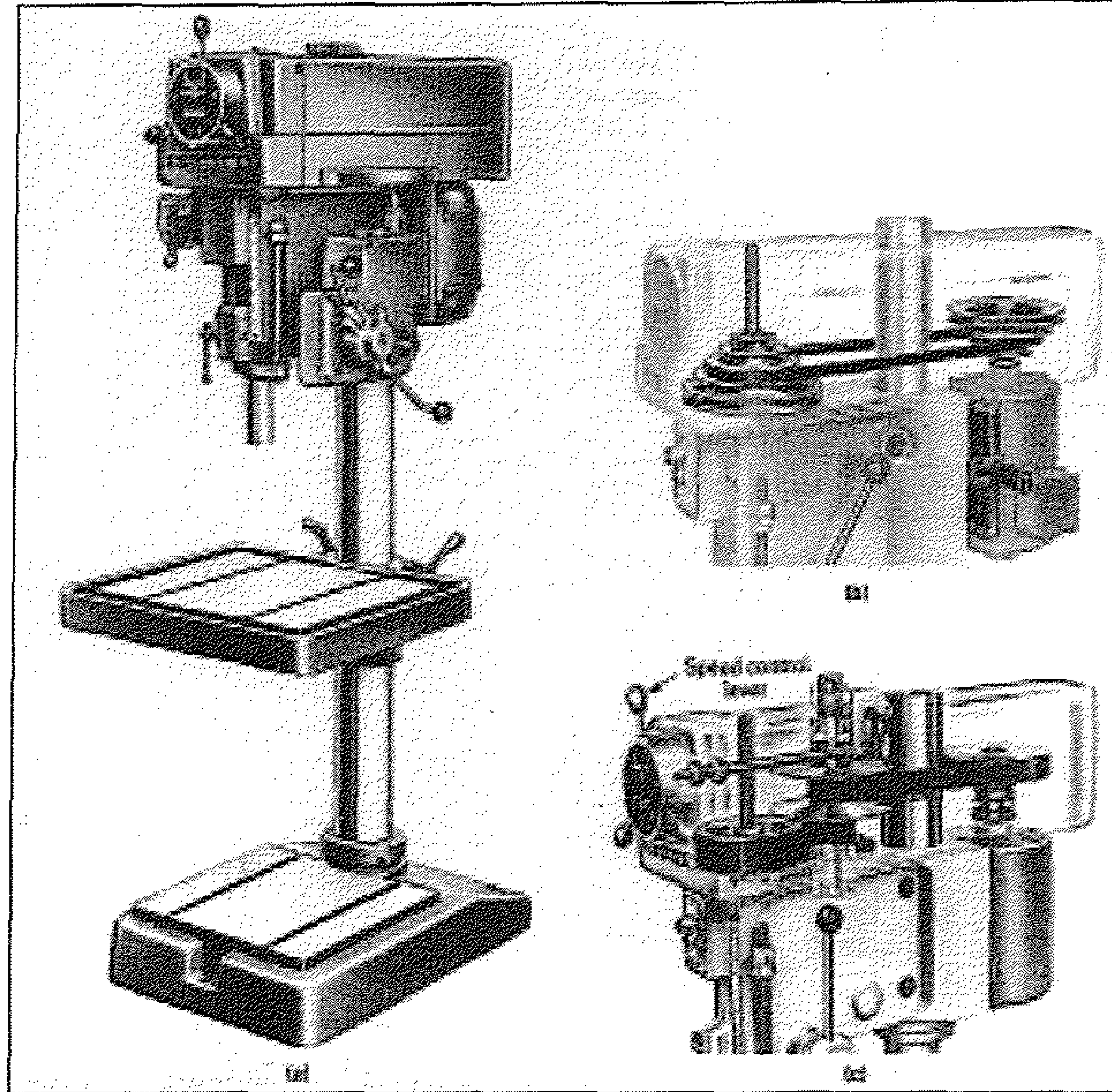
إن العديد من أنواع وأحجام مكائن الثقب تستخدم في التصنيع، وتتنوع في الحجم من المنضدة البسيطة المركب عليها مكبس ثقب حساس إلى الماكنات الكبيرة متعددة محور الدوران القادرة على إدارة العديد من المثاقب في آن واحد. الشكل رقم (9- 1) يوضح رسم بياني تخطيطي لمكبس ثقب عمودي قياسي بالإضافة إلى رسم بياني تخطيطي لماكنة ثقب برجية. وفيما يلي وصف لأنواع المكابس الأخرى مثل الحساسة والمثاقب نصف القطرية.



الشكل رقم (9- 1): رسم تخطيطي لكل من: a- مكبس ثقب عمودي
b- ماكنة ثقب برجية (*CNC*)

1.2.9 مكبس الثقب البسيط (Simple Drill Press).

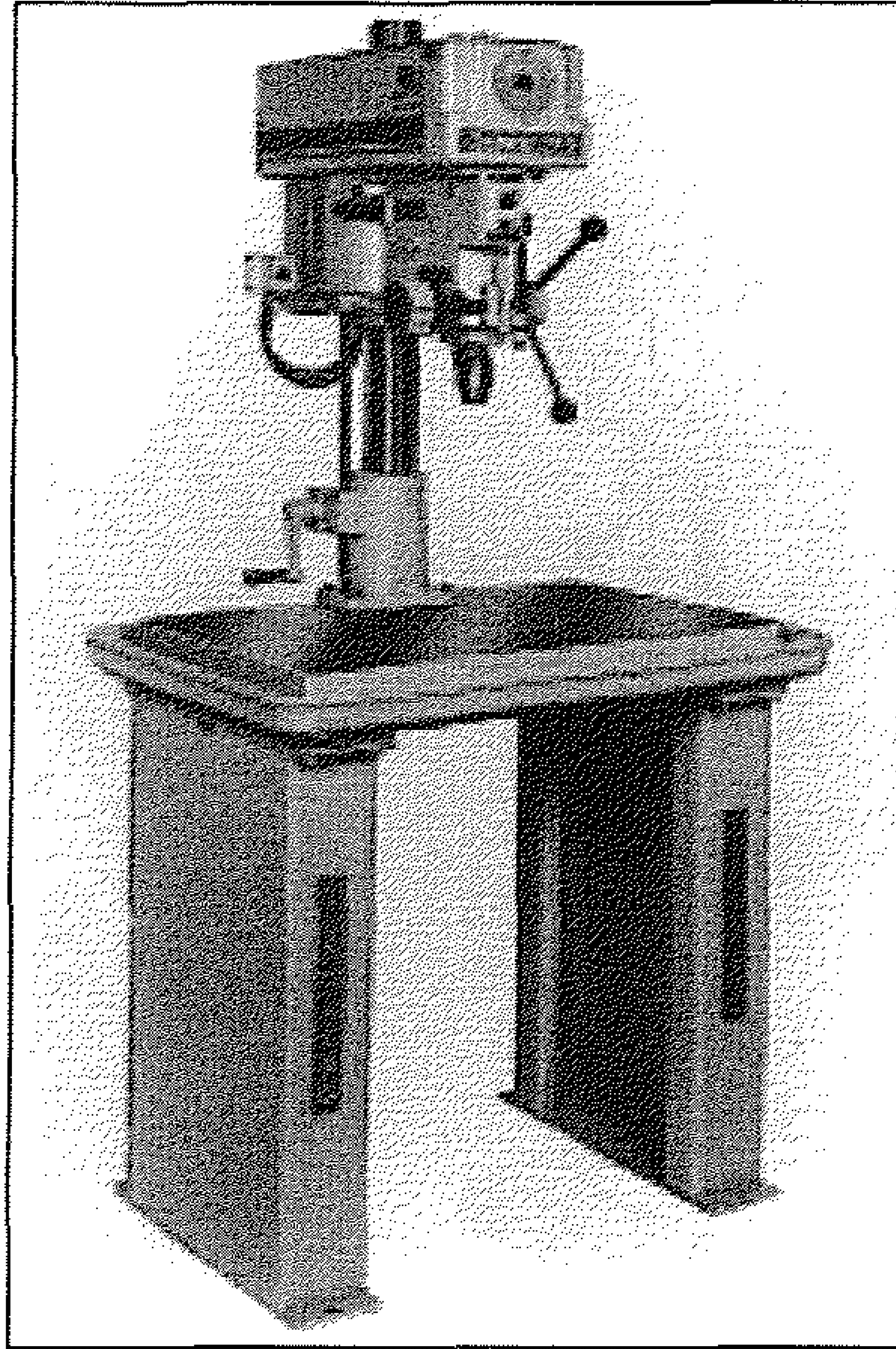
مكبس الثقب البسيط (الشكل رقم (9- 2)) يمكن أن يُنصب على الأرض كما موضح أو يمتلك قائم رئيسي قصير ويكون مثبت على منضدة. حركات هذه الماكنة بسيطة جداً. المنضدة في النموذج الأرضي يمكن أن ترتفع أو تنخفض وتدور حول عمود الماكنة. عمود الدوران يدور ويمكن أن يرفع ويخفض مع شوط ("4 - "8). الموقفات (*Stops*) يمكن أن تنصب لتحديد وتنظيم العمق.



الشكل رقم (9- 2): مكبس ثقب حساس يستخدم لثقب التجاويف a- السرعات على بكرة إدارة (V) مدرجة تتغير بواسطة موضع حزام (V) b- السرعات على آلية إدارة السرعة المتغيرة تتغير بواسطة دولاب يدوي على الرأس

2.2.9 مكبس الثقب الحساس (Sensitive Drill Press).

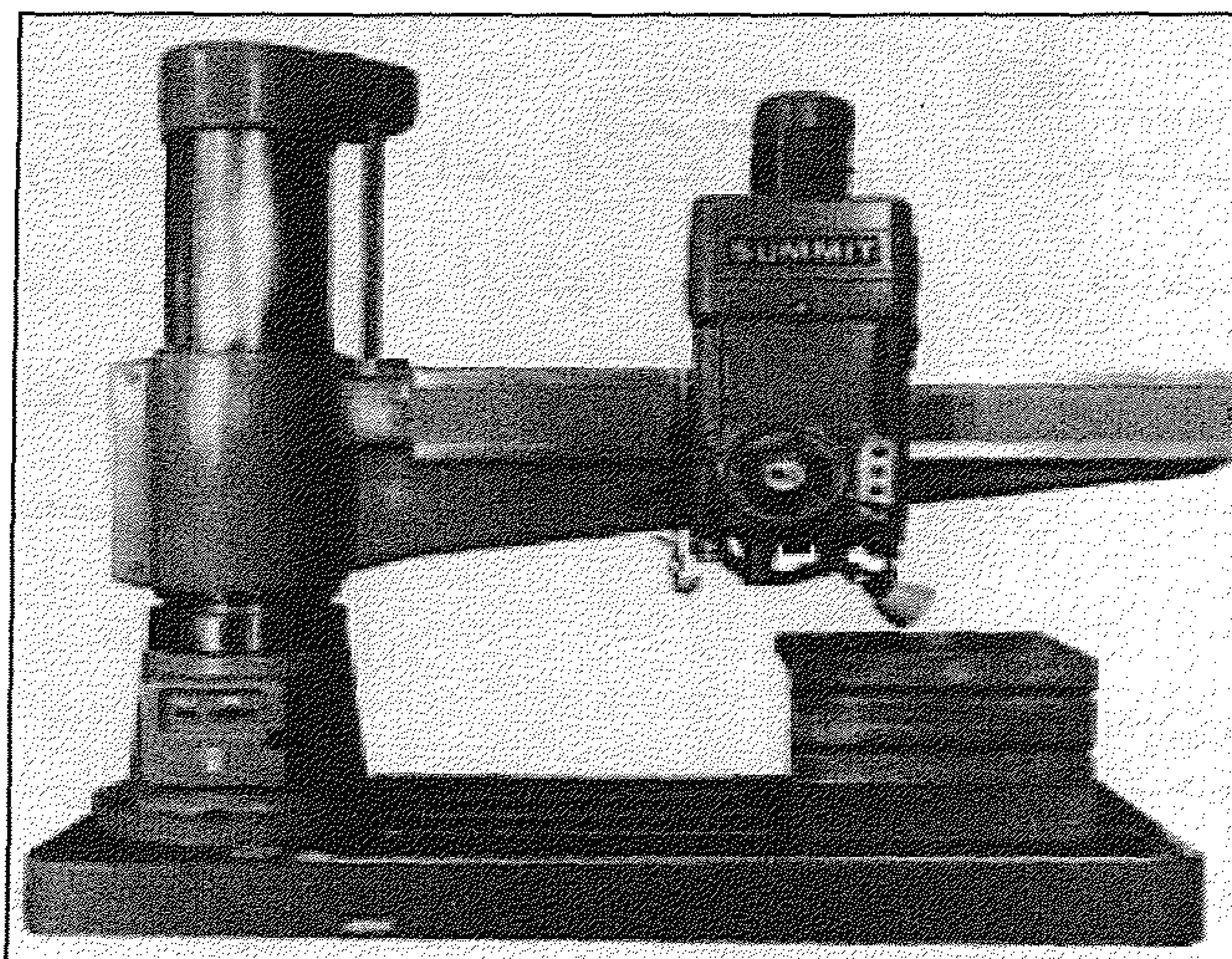
إن إسم الحساس (*Sensitive*) يُستخدم للتوضيح بأن التغذية مشغلة يدوياً وبأن عمود الدوران ورأس المثقب موازنة وذات تأثير متعادل بحيث إن المشغل يستطيع أن يُحسن بالضغط المُحتاج إليه من أجل قطع كفوء. مكبس ثقب حساس موضوع على منضدة موضح في الشكل رقم (9- 3). يمتلك مكبس الثقب الحساس نفس حركات المكبس البسيط زائداً لولب تلسكوبي متداخل الأجزاء من أجل رفع وخفض المنضدة وإنزلاق رأس المِثقب. هاتان الميزتان تسمحان بالمناولة الأسهل للأجزاء مختلفة الإرتفاعات.



الشكل رقم (9- 3): المنضدة المثبتة للمثقب الحساس المستخدم لثقب الثقوب

3.2.9 المِثقب نصف القطري (Radial Drill) .

إن المثاقب نصف القطرية هي مثالية لمعالجة المسبوكات المتوسطة إلى الواسعة جداً، الملحومات، أو المطروقات. طول الذراع مترافقاً مع مُبيت عمود الدوران المركب عليه يعين حجمه، حيث هذا الذراع يمكن أن يكون طوله ($12ft$ - $3ft$). العمود الذي يمسك الذراع يمكن أن يكون قطره ("10-"30). مثقب نصف قطري موضح في الشكل رقم (9- 4). يمكن أن يدور الذراع (180°) لتشغيل الشُغلة الواسعة جداً حيث تثبت الشُغلة على أرضية الورشة. السرعات والتغذيات تُدار بواسطة مشغل الماكنة وتشبه تلك الموجودة في مكابس الثقب، ويكون الثقب أما يدوي أو مُغذى آلياً.



الشكل رقم (9- 4): مثقب نصف قطرى

3.9 مركبات ماكنة الثقب (Drilling Machine Components) .

إن جساءة ودقة ماكنات الثقب مهمة من أجل الحصول على نتائج ملائمة مع مختلف عُدد القطع المستخدمة. لقد تم في هذا الجزء مناقشة مميزات تركيب ماكنة الثقب الحساس بسبب إن مزاياها عامة لمعظم ماكنات الثقب الأخرى.

1- القاعدة (Base).

القاعدة هي الجزء الساند الرئيسي للماكنة. وهي مسبوكة ثقيلة من حديد الزهر الرمادي أو الحديد المطيلي مع مجاري لإسناد وتثبيت الشُغلة التي هي أوسع بكثير بالنسبة للمنضدة.

2- العمود (Column).

يمكن أن يُصنع العمود المستدير من حديد الزهر الرمادي أو الحديد المطيلي للماكنات الكبيرة أو فولاذ الأنابيب لمكابس الثقب المنضدية الصغيرة. يسند العمود المنضدة ورأس ماكنة الثقب. يشغل السطح الخارجي ليعمل كطريق دقيق لتراصف عمود الدوران مع المنضدة.

3- **المنضدة** (Table).

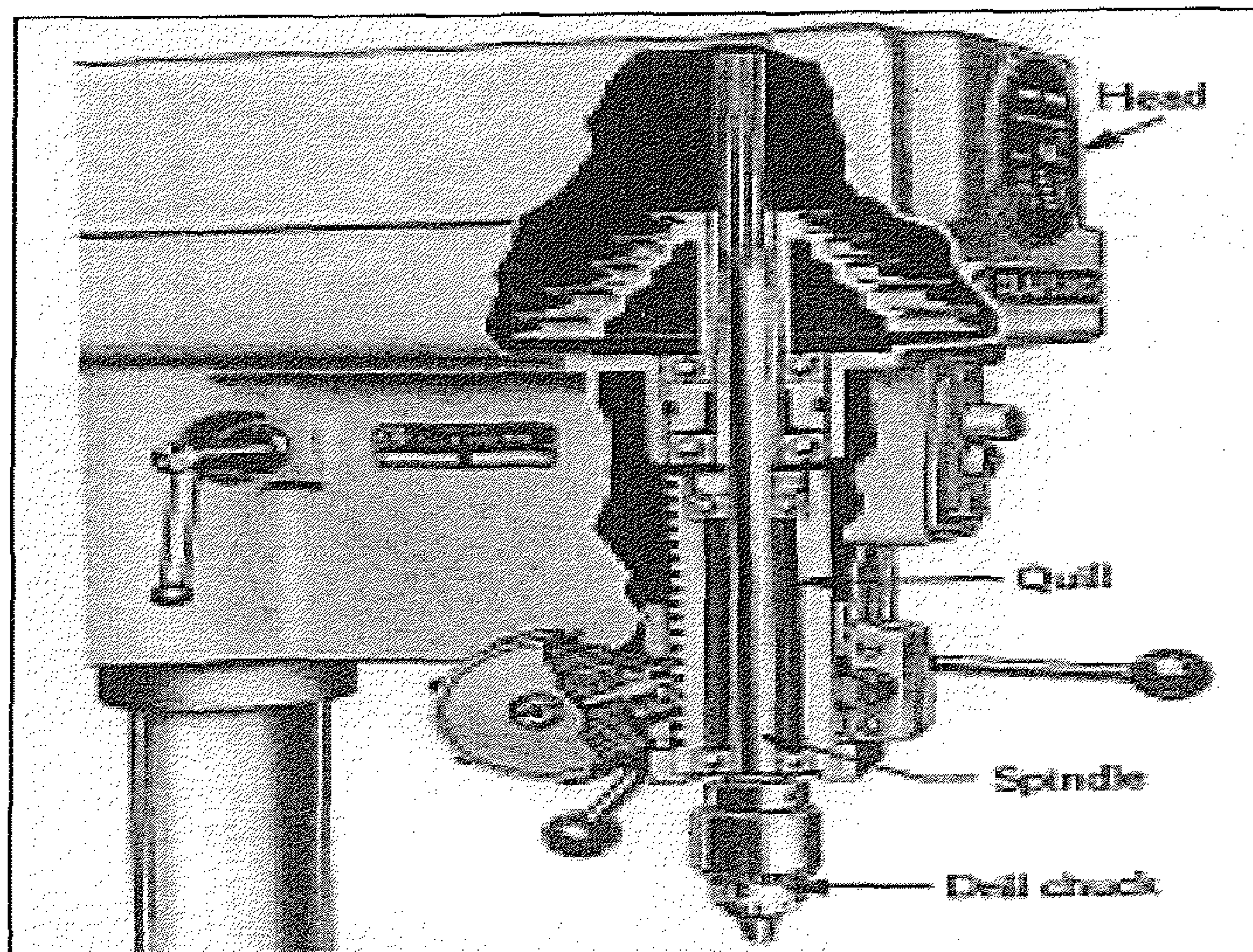
يمكن أن تضبط المنضدة أعلى أو أسفل العمود لإرتفاع مناسب، ويمكن أن تدور حول العمود لموقع العمل المرغوب به . تحتوي معظم مناضد العمل على مجاري وثقوب لتثبيت الملازم وبقية ملحقات تثبيت الشُغلة. بعض المناضد هي شبه عامة الغرض، بمعنى إنها يمكن أن تدور حول المحور الأفقي.

4- **الرأس** (Head).

يشتمل الرأس على عمود الدوران (*Spindle*)، العمود الأجوف (*Quill*)، البكرات، المحرك، وآلية التغذية. يُدير حزام (*V*) من المحرك البكرة في الجزء الأمامي للرأس والتي في دورتها تدير عمود الدوران، الذي بدوره يُدير المِثقب. مجموعتان لرأسان موضحة في الشكل رقم (b,c-2-9). السرعات على بكرة الإدارة المدرجة (*V*) تُغير بواسطة تغير موضع حزام (*V*) (الشكل رقم (b-2-9)). السرعات على آلية إدارة السرعة المتغيرة تُغير بواسطة دولاب يدوي على الرأس. (الشكل رقم (c-2-9))، وعمود الدوران يجب أن يدور عندما ينفذ كل هذا.

5- **مجموعة عمود الدوران الأجوف** (Quill Assembly).

يدور عمود الدوران داخل عمود الدوران الأجوف على المحامل (إنظر الشكل رقم (9- 5)). يتحرك العمود الأجوف عمودياً بواسطة وسيلة الجريدة المسننة والترس الصغير. إن تركيب عمود الدوران الأجوف يجعل من الممكن أن يُغذي أو يسحب عُدة القطع من الشُغلة. تحديد الموقع على النهاية لعمود الدوران هي أما ثقب إستدقاق مورس أو قاعدة مسننة بتراء التي عندها يثبت طرف المِثقب. لثقب التجاويف الواسعة، يتم إزالة طرف المِثقب ويثبت بدلاً عنه عُدد قطع درجات إستدقاق مورس.



الشكل رقم (9- 5): عمود دوران يدور داخل العمود الأجوف

6- **تصنيف الحجم** (Size Classification).

يحسب حجم ماكنة الثقب (السعة) بواسطة جميع الصفات التالية:

1- ضعف المسافة من مركز عمود الدوران للوجه الداخلي للعمود.

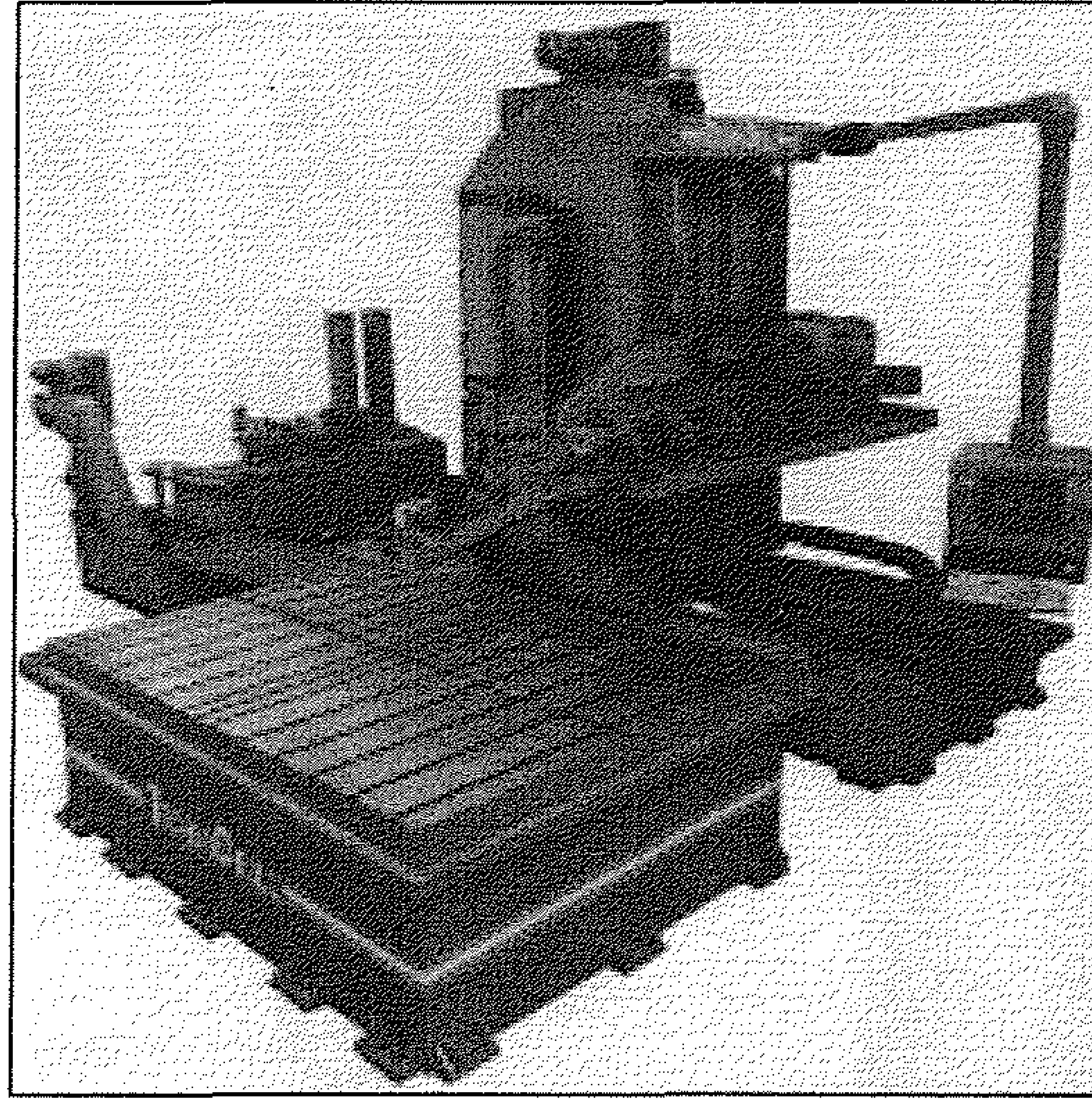
2- أعظم طول لإنتقال العمود الأجوف.

3- حجم إستدقاق مورس في عمود الدوران.

4- القدرة الحصانية للمحرك.

4.9 أنظمة الثقب (Drilling Systems) .

إن أنظمة الثقب عبارة عن آلية مسيطر عليها بالحاسوب. السرعات، التغذيات، وعمق القطع تضبط مقدماً على الأغلب. تجمع هذه الأنظمة عمليات الثقب مع توسيع الثقوب، اللولبة، التغطيس، وغيرها. الشكل رقم (9- 6) يوضح ماكنة ثقب (*CNC*) بثلاثة محاور.



الشكل رقم (9- 6): ماكنة ثقب (CNC) ثلاثية المحاور

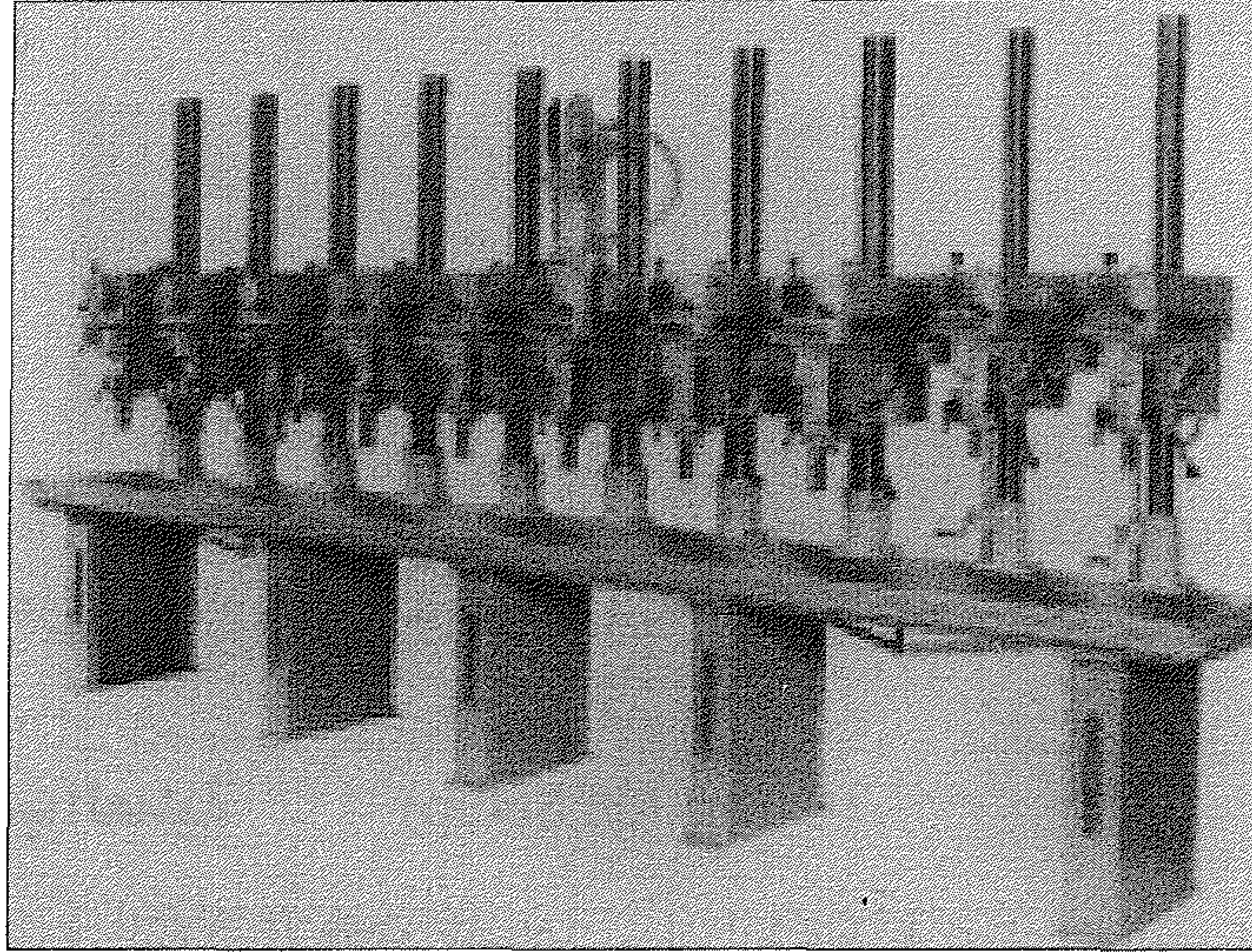
1.4.9 الثَقب متعدد أعمدة الدوران (Multi Spindle Drilling) .

هذا النوع من الثقب يمكن أن ينفذ على مكابس ثقب بواسطة إستخدام وصلات خاصة. مواقع عمود الدوران تكون قابلة للتعديل، وعَدد أعمدة الدوران يمكن أن تكون (2- 8). المثاقب، البراغل، أدوات التغطيس، وغيرها، يمكن أن تستخدم في أعمدة الدوران. الدورة لكل دقيقة ومعدل التغذية لكل الأعمدة في رأس المثقب الواحد هي نفسها والقدرة الحصانية المتطلبة هي مجموع القدرة لكل عُدد القطع المستخدمة. في هذا النوع من الماكنات يمكن أن يتم ثقب عدد كبير من الثقوب في وقت واحد كذلك يمكن أن تستخدم عِدة أقطار مختلفة للمثاقب في نفس الوقت.

2.4.9 الثَقب الجماعي (Gang Drilling) .

إن الطريقة الإقتصادية لإنجاز عِدة عمليات مختلفة على قطعة واحدة هي بواسطة الثقب الجماعي، كما موضح في الشكل رقم (9- 7). حيث يمكن أن يتضمن هذا التشغيل ثقب إثنان أو أكثر من الثقوب، البرغلة، اللولبة

الداخليـة، والتغطـيس. تثبـت الشُـغلة في ملزمـة أو مثبـت خـاص وتكـون سـهلة التحريك على طول المنضدة الفولاذية من عمود إلى آخـر. إن مكـابس الثقـب عـادة تدور بشكل مستمر، بحيث إن المشغل يقوم فقط بإنزال كل عمود دوران لموقفه المحدد مسبقاً لإنجاز عملية التشغيل المطلوبة.

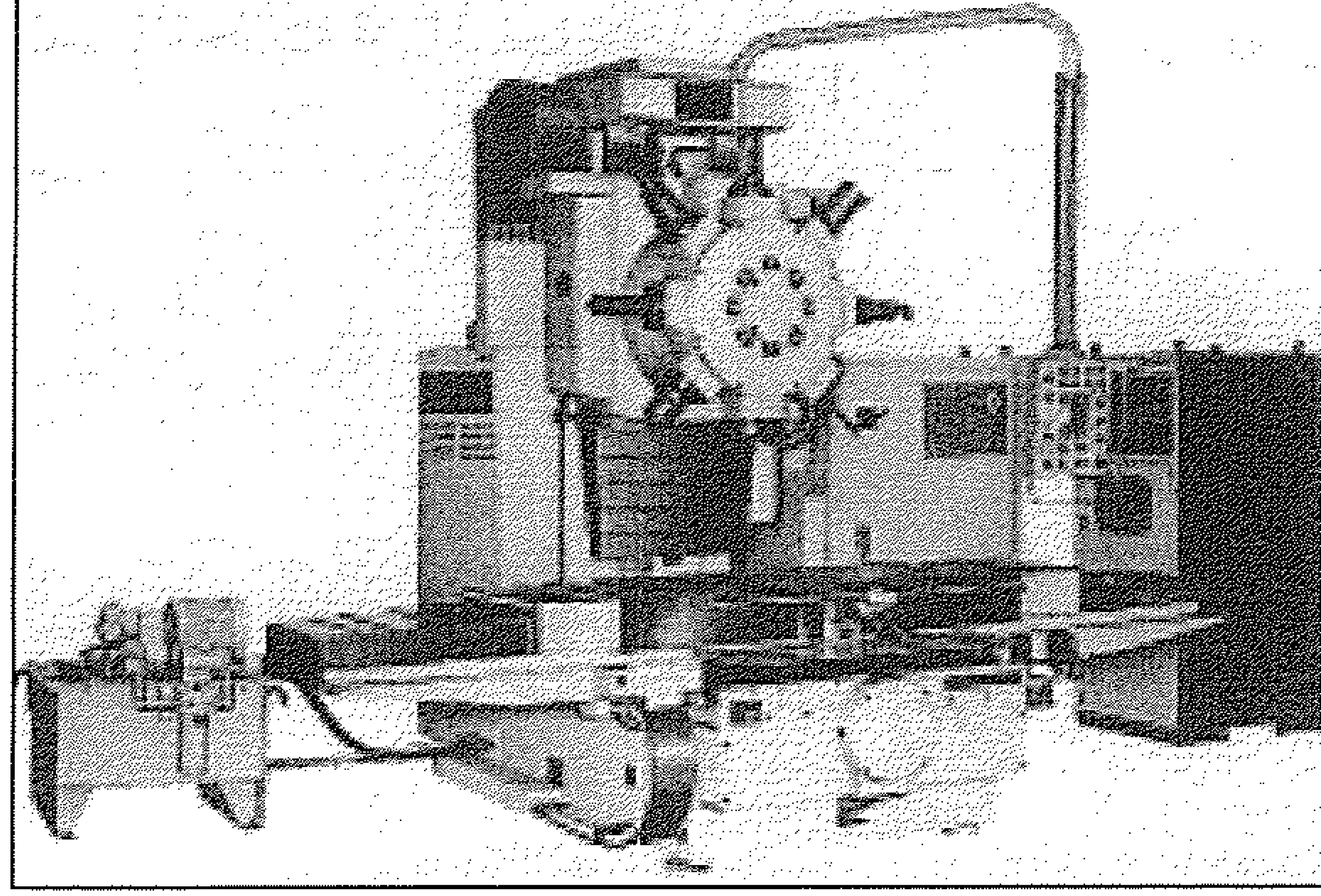


الشكل رقم (9- 7): ماكنات الثقب الجماعي

3.4.9 المِثقب البرجي (Turret Drill).

المثقـب البرجـي (الشـكل رقـم (9-1-b)) مـع سـتة أو ثمانيـة أعمـدة دوران يُمَكن المُشغل من إستخدام قاطعات ذات تنوع واسـع وأيضـاً تحريك الشُغلة فقـط بضعة إنجات، بحسب مُباعد الثقب. البرج يستطيع الدوران (التقسيم) في أي إتجاه بعدها يخفض بواسطة اليـد أو آليـاً، لصنـع القطـع. بعض المثاقب البرجيـة تمتلك أعمدة دوران آليـة هيدروليكيـة التحكم. السـرعات، التغذيات، وأعمـاق القطـع يمكن إعدادها مسبقاً من أجل إنتاج أسرع. الشكل رقم (9-1-b) يوضـح ماكنـة برجية آلية. هذه الماكنات تصنع كذلك بالكامل مع تشغيل يتحكم به بواسـطة الحاسـوب (مثاقب *CNC* برجية)، بحيث أن المشـغل يقـوم فقـط بتحميـل وتفريـغ

الأجزاء. المِثقب البرجي ذو التحكم الرقمي (NC) موضح في الشكل رقم (9-8).



الشكل رقم (9- 8): مثقب برجي (NC) يحدد مواضع منضدة العمل آلياً

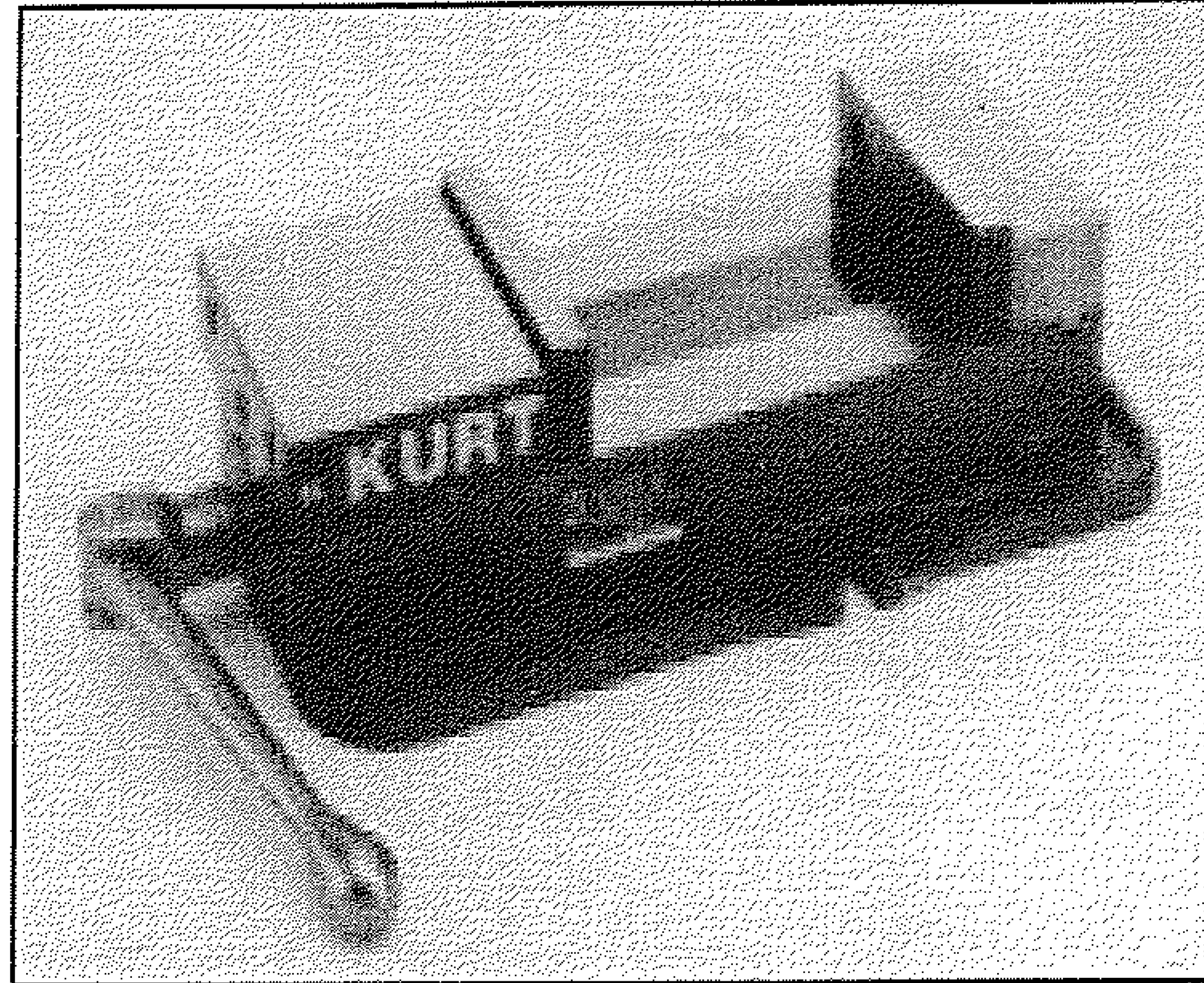
5.9 تركيب العملية (Operation Setup).

إن الطرق الثلاثة الأكثر شيوعاً لمسك الشُغلة في عمليات الثقب هي :

1. الملازم (Vises).
2. اللوح الزاوي (Angle Plate).
3. دلائل المثقب (Drill Jigs).

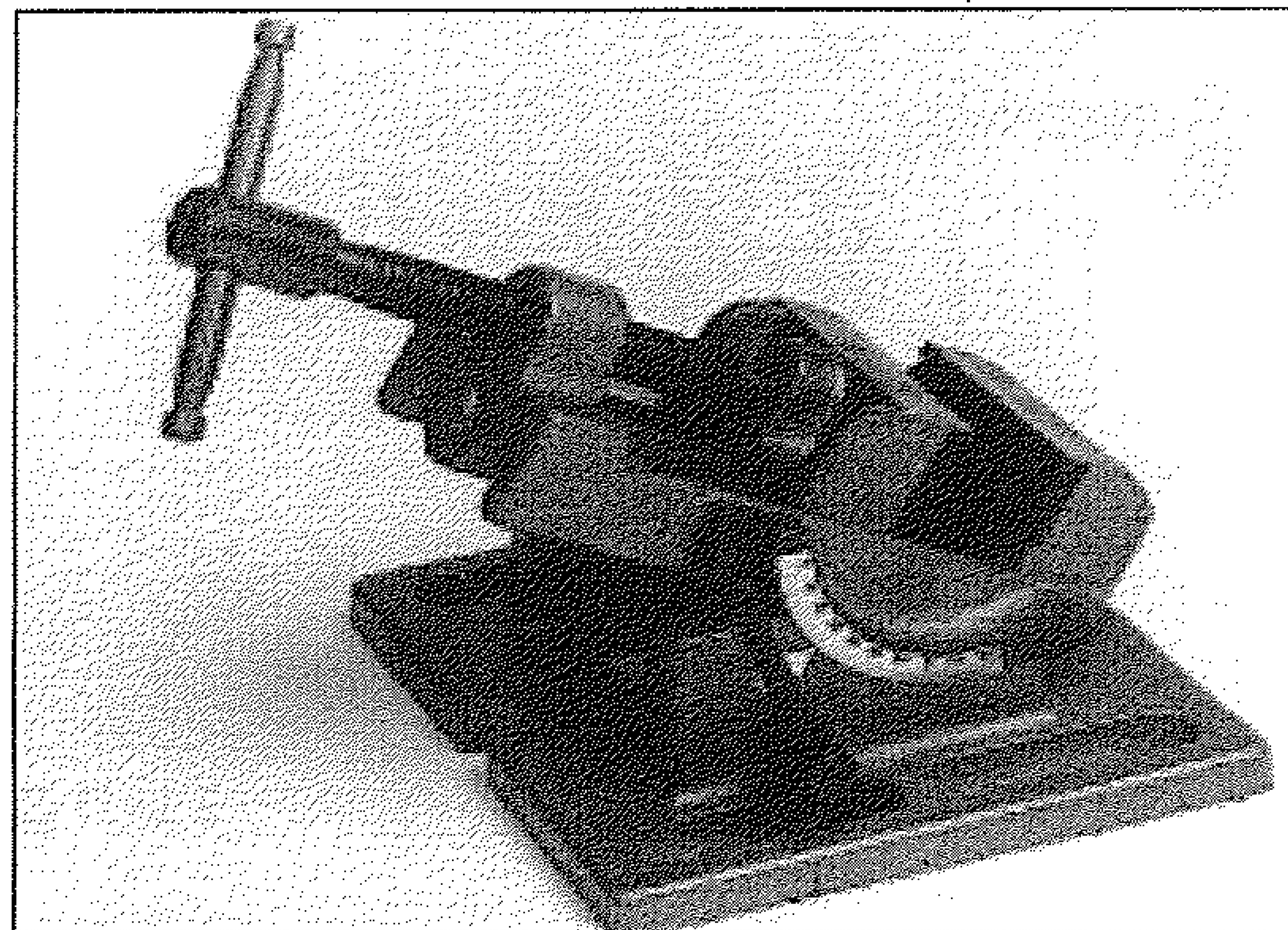
1. الملازم (Vises).

إن الملازم واسعة الإستخدام في مسك الشُغلة منتظمة الحجم والشكل، مثل القطع المسطحة، المربعة، والمستطيلة. تستخدم المتوازيات بشكل عام لإسناد الشُغلة وحماية الملزمة من أن تثقب. الشكل رقم (9- 9) يوضح ملزمة نموذجية.



الشكل رقم (9- 9): ملزمة نموذجية

يجب أن تربط الملازم لمنضدة مكبس المِثقب لمنعها من الدوران أثناء التشغيل. تعمل الملازم الزاوية على إمالة الشُغلة والتزويد بوسائل لثقب التجاويف بزاوية بدون إمالة المنضدة. ملزمة زاوية (*Angle Vise*) موضحة في الشكل رقم (9- 10).



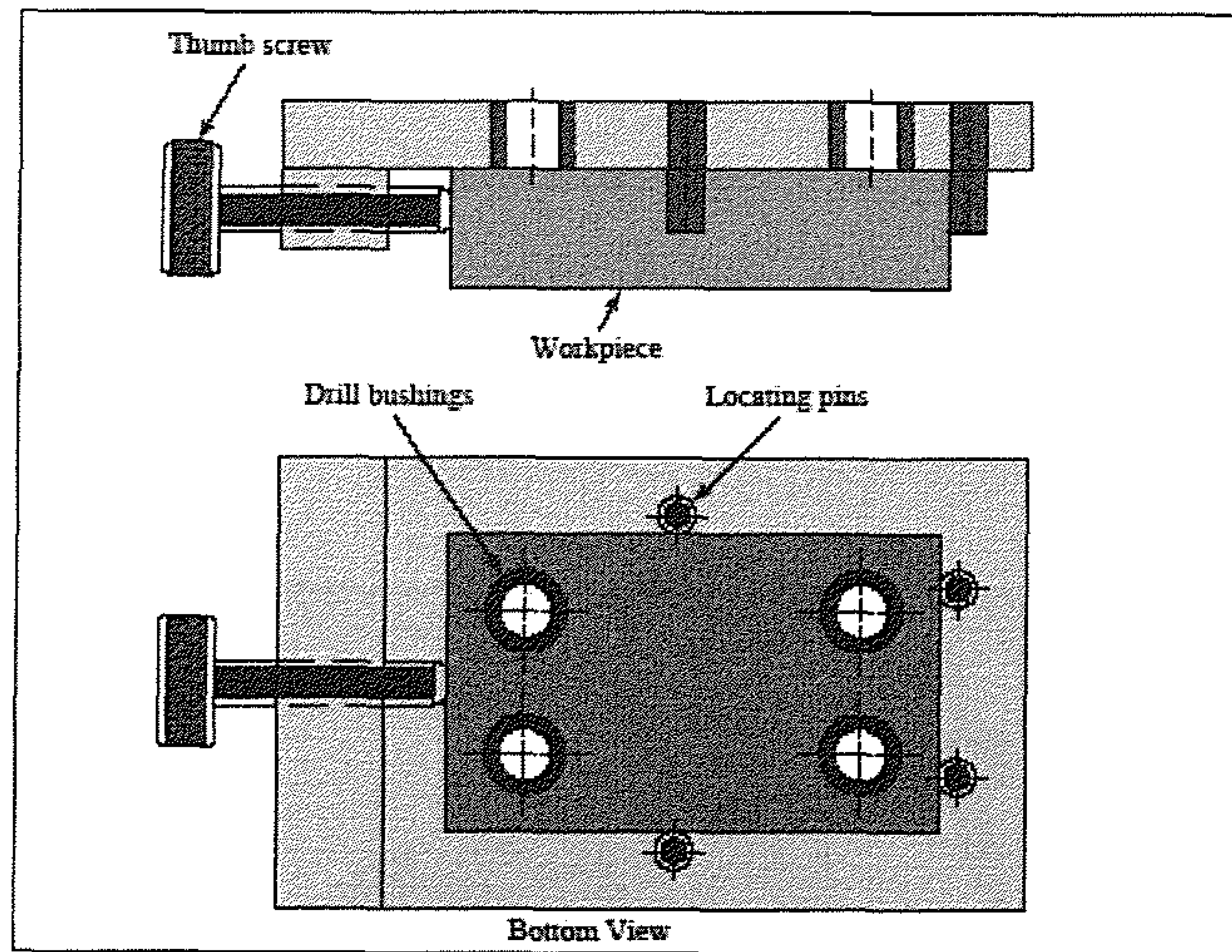
الشكل رقم (9- 10): ملزمة زاوية

2. الألواح الزاوية (Angle Plates).

يسند اللوح الزاوي الشُغلة على حافاتها. ترصف الألواح الزاوية الشُغلة بدقة عمودياً لسطح المنضدة، وهي بشكل عام تمتلك ثقوب ومجاري لتسمح بالتثبيت للمنضدة ومسك الشُغلة.

3. دلائل الثقب (Drill Jigs).

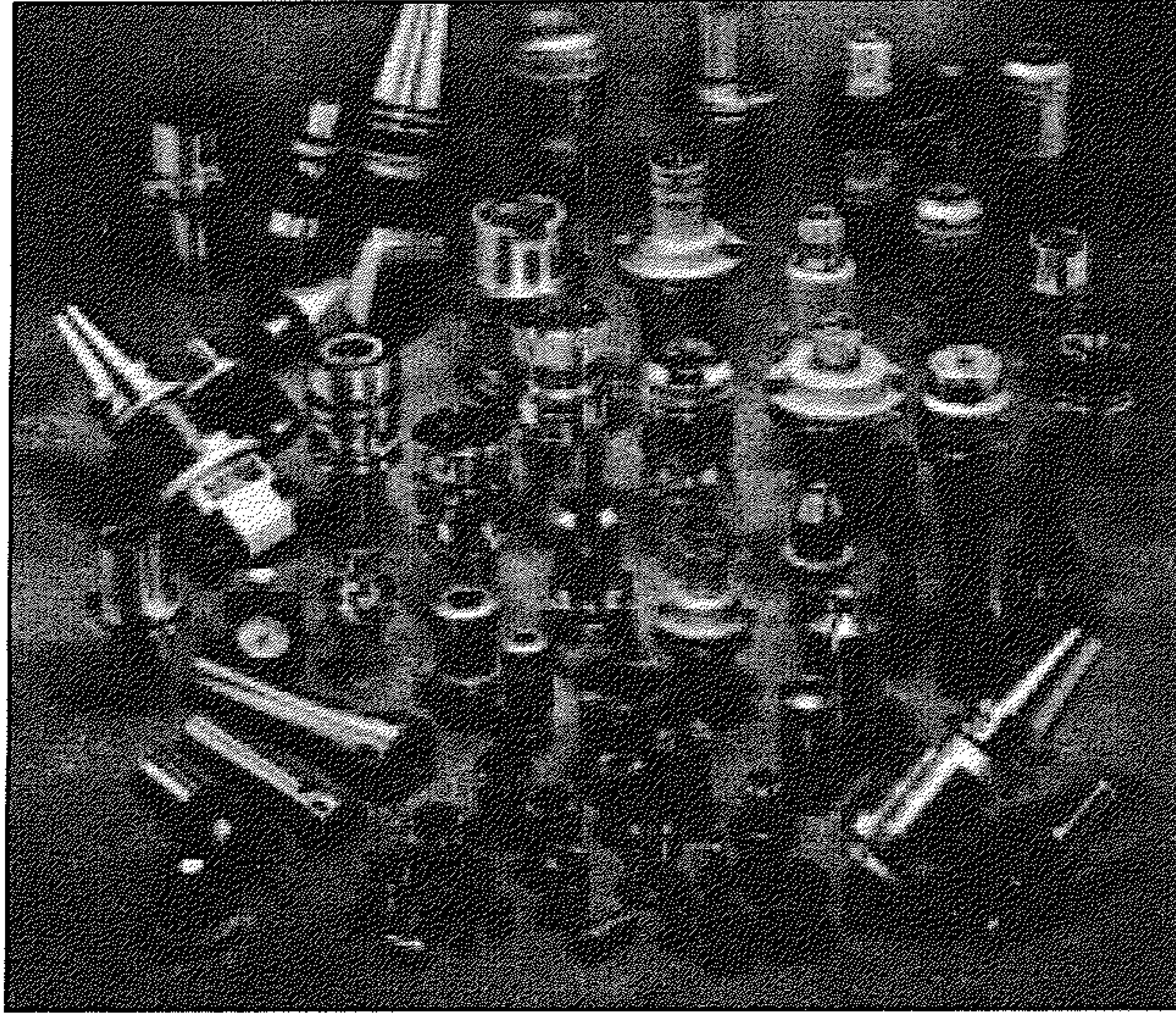
دلائل الثقب هي عُدد إنتاجية تستخدم عندما يجب أن تثقب عدد من الثقوب في عدد واسع من الأجزاء المتطابقة. الشكل رقم (9- 11) يوضح مخطط لدليل ثقب نموذجي. تمتلك دلائل الثقب عِدة وظائف، الأولى إنها جهاز مسك للشغلة، يربط الشُغلة بشكل ثابت. الثاني إنها تضع الشُغلة في الموقع الصحيح للثقب. الوظيفة الثالثة لدليل الثقب هي توجيه المِثقب بإستقامة إلى داخل الشُغلة، وهذا يتم بواسطة إستخدام جُلب الثقب (*Drill Bushings*).



الشكل رقم (9- 11): دلائل الثقب

1.5.9 أجهزة تثبيت العُدة (Tool Holding Devices).

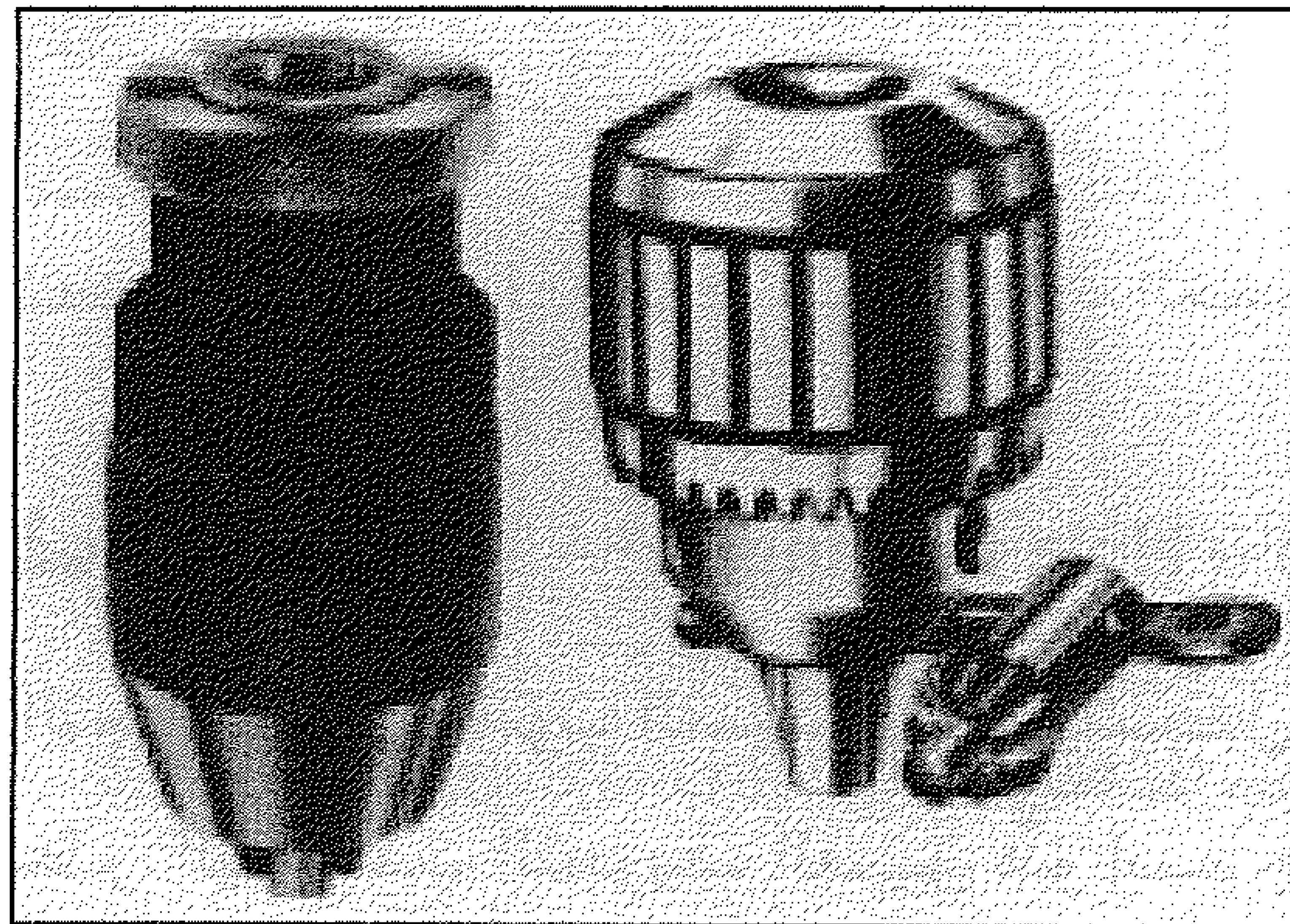
بعض عُدد القطع المستخدمة في الثقب يمكن أن تُمسك مباشرة في تجويف عمود دوران الماكنة. أما بقية العُدد فيجب أن تُمسك بواسطة ظرف الثقب، الطوق، جلبة الوصل والأكمام أو أحد أجهزة تثبيت العُدة الموضحة في الشكل رقم (9- 12).



الشكل رقم (9- 12): أجهزة متنوعة لتثبيت العُدة

1. ظروف الثقب (Drill Chucks).

عُدد القطع مع ساق مستقيمة تمسك بشكل عام في ظرف المثقب. أكثر ظرف مثقب شيوعاً يستخدم خابور لقفل عُدة القطع. ظروف الثقب التي تمتلك خابور أو بدون خابور موضحة في الشكل رقم (9- 13).



الشكل رقم (9- 13): ظروف مع خابور وبدون خابور

2. **الأكمام** (Sleeves).

عُدد القطع مع ساق مستدقة (*Tapered Shank*) متوفرة في العديد من الأحجام المختلفة. عندما تمتلك عُدة القطع إستدقاق أصغر من إستدقاق عمود الدوران المستخدم، فيجب في هذه الحالة أن يتوافق الكُم لساق أداة القطع.

3. **جُلب الوصل** (Sockets).

إذا كانت عُدة القطع تمتلك ساق مستدق أوسع من إستدقاق عمود الدوران، يتم إستخدام جُلبة الوصل لحفظها في الحجم الصحيح. الشكل رقم (9- 14) يوضح ظروف ثقب مختلفة الحجم بدون خابور مع مثبتات ساق واحدة مستقيمة واثنان مستدقة.



الشكل رقم (9- 14): ظروف مثقب متنوعة الحجم

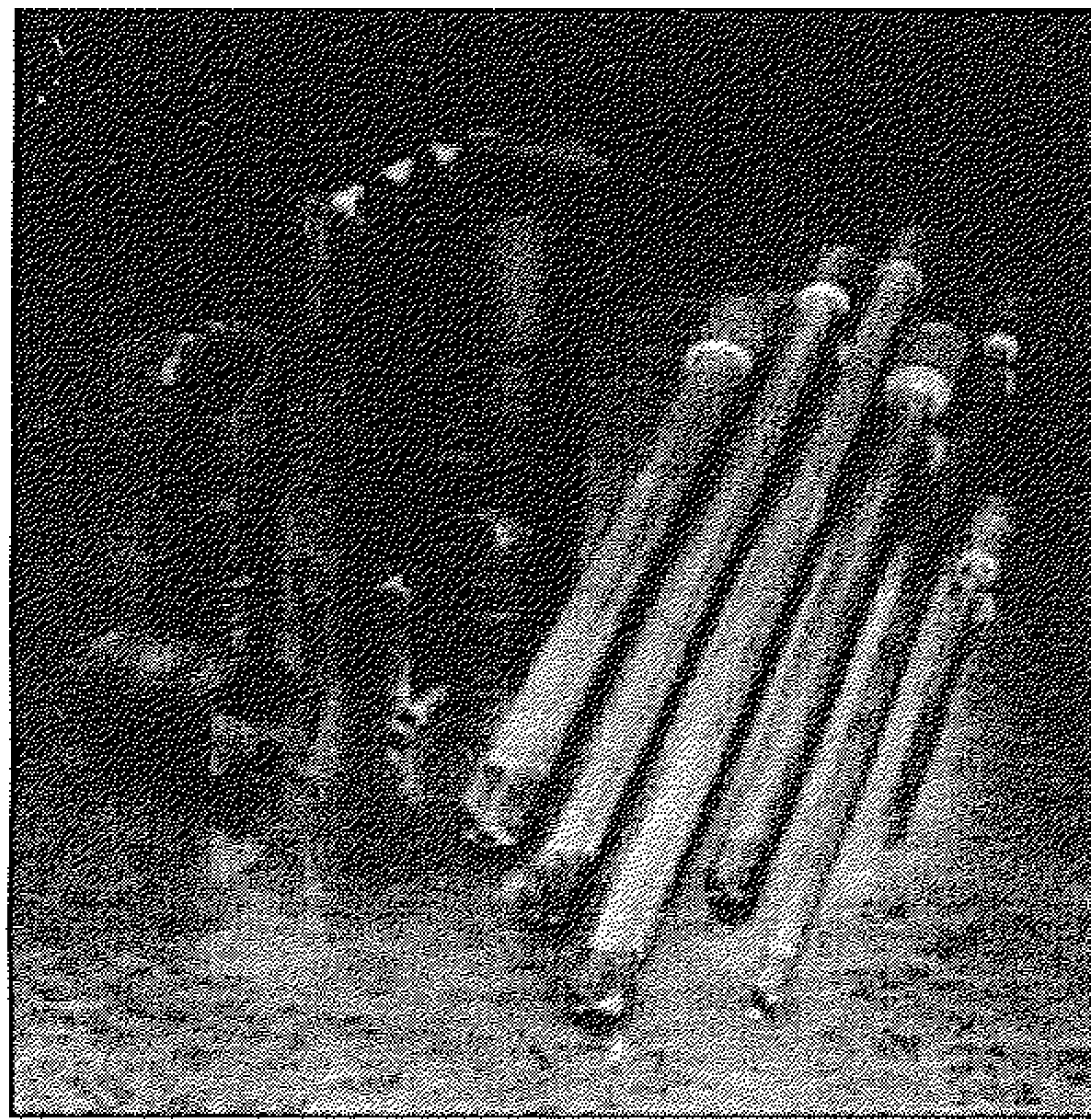
6.9 ثقب التجويف- العميق (Deep – Hole Drilling).

إن مصطلح التجاويف أو الثقوب العميقة يشير بشكل أولي إلى أعماق الثقب فوق 5 × القطر. اليوم ثقب التجويف العميق هو إسم جامع للطُرق التي تستخدم لتشغيل كل من الثقوب العميقة والقصيرة. ثقب التجويف العميق هو طريقة مفضلة لثقب أعماق الثقب لأكثر من 10× القطر، لكن بسبب سعة إزالة المعدن العالية للطريقة ودقتها، فأنها كذلك تنافس الطُرق الأخرى لتشغيل

الثقوب الصغيرة الأقل من 2 × القطر. أثناء القطع، من المهم أن تتكسر الشظايا وإمكانية نقلها بعيداً بدون أن تعلق وتؤثر على السطح المثقوب. في عملية ثقب التجويف العميق، يزود تجهيز سوائل القطع ونقل الرايش بثلاثة أنظمة مختلفة تم تطويرها لتسمح بتشغيل خالي من المشاكل لأعماق ثقب أكثر من 100× القطر. وهذه الأنظمة هي :

1. نظام الثقب المدفعي (Gun Drilling System).
2. النظام القاذف (نظام ثنائي الإنبوب) (Ejector System).
3. نظام الإنبوب المفرد (Single Tube System - STS).

بعض العُدد المستخدمة في ثقب التجويف العميق موضحة في الشكل رقم (9- 15). المثاقب المدفعية تصنع بواسطة (*Hyper Tool*) والعدد القابلة للتقسيم تصنع بواسطة (*Sandvik*)

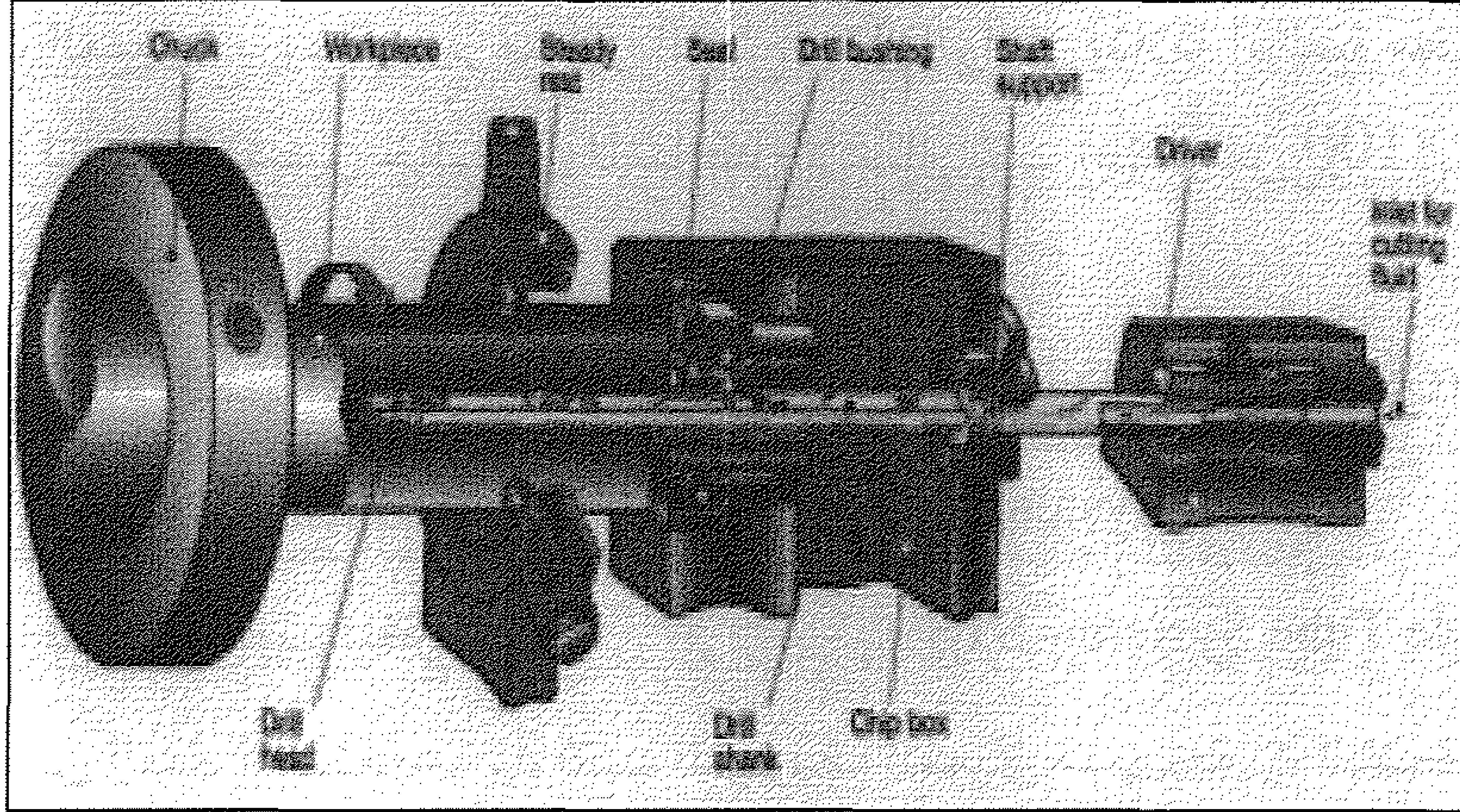


الشكل رقم (9- 15): عُدد ثقب التجويف العميق

1.6.9 أنظمة الثَقب المدفعي (Gun Drilling System).

يستخدم نظام الثقب المدفعي أقدم مبدأ لتجهيز سائل القطع. يجهز سائل القطع خلال قناة داخل المثقب ونقل مادة التبريد لحافة القطع، بعد أن تزيل الشظايا خلال إخدود الرايش بشكل (*V*) خارج المثقب. نتيجة للحز بشكل

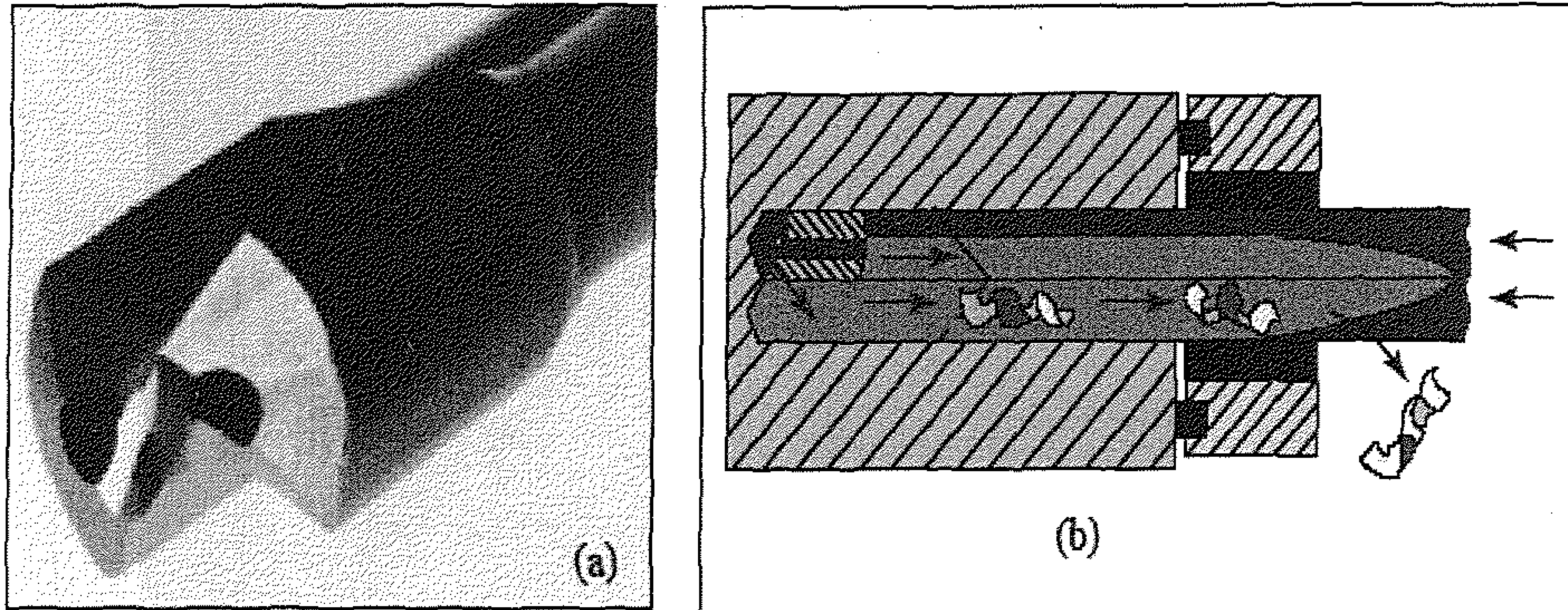
(V)، فإن المقطع العرضي للأنبوب يحتل (3/4) لمحيطه. الشكل رقم (9- 16) يوضح نظام الثقب المدفعي وأجزاءه التركيبية.



الشكل رقم (9- 16): رسم بياني تخطيطي لنظام الثقب المدفعي مع أجزاءه الرئيسية

1.1.6.9 المثاقب المدفعية (Gun Drills) .

تنتمي المثاقب المدفعية إلى عائلة مادة التبريد المضغوطة لعُدد صنع الثقب. المثاقب المدفعية فعالة من أجل التشغيل السريع والدقيق بغض النظر عن عمق الثقب. وكقاعدة فأن المِثقب المدفعي يستطيع أن يؤمن إستقامة ثقب ضمن (0.001ʺ) لكل إنج (*IPI*) للإختراق، حتى عندما تكون العُدة كليلة بشكل معقول. لمعظم الأعمال، يمكن أن يستخدم المِثقب المدفعي لقطع (500ʺ-1000ʺ) في سبيكة الفولاذ قبل أن تصبح عملية سنه ضرورية، أما في الألمنيوم فيمكن أن يقطع (15000ʺ)، بينما في حديد الزهر تكون عادة حوالي (2000ʺ). الشكل رقم (9-17-a) يوضح عُدة ثقب مدفعي والشكل رقم (9-17-b) يوضح عملية ثقب مدفعي.

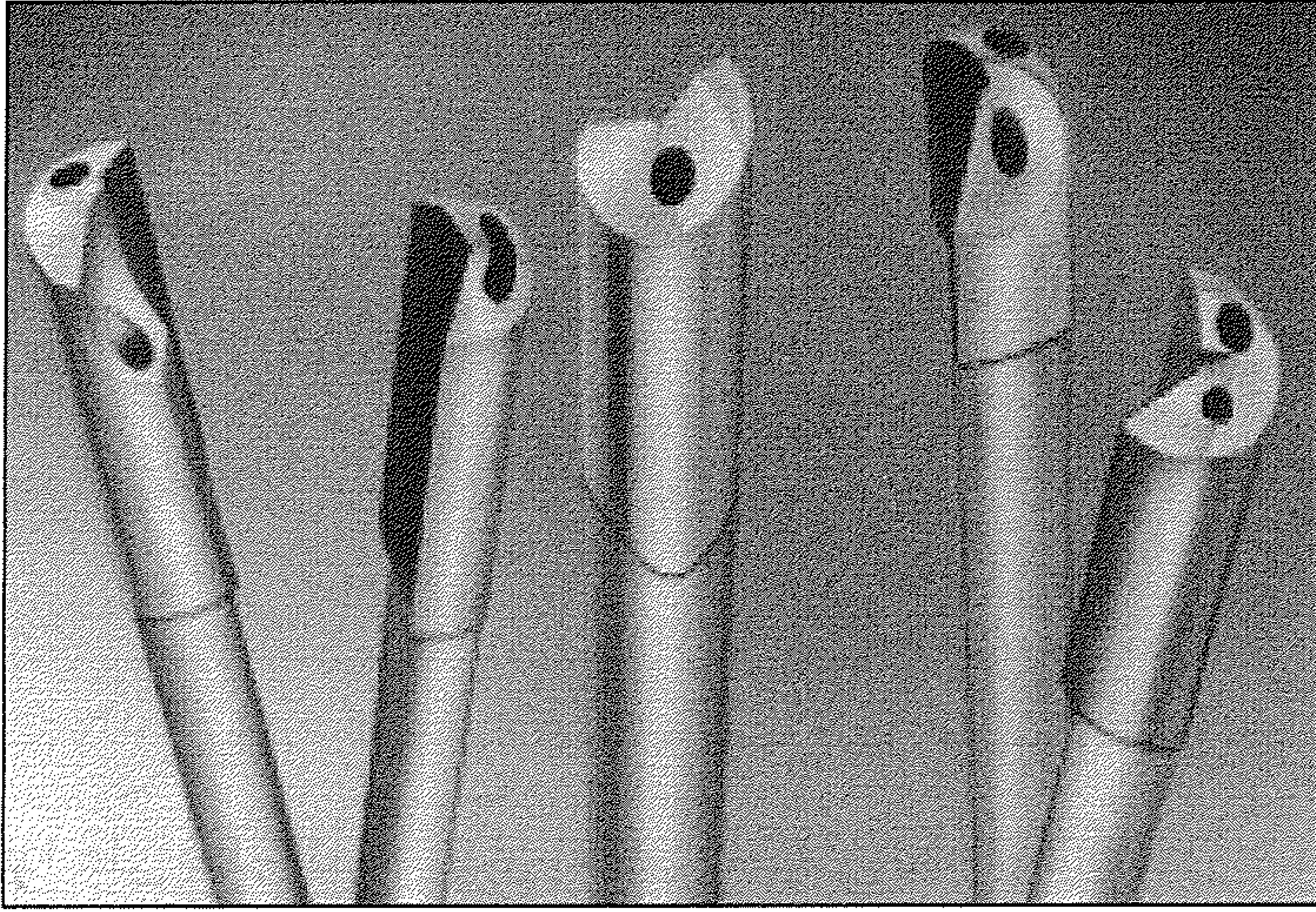


الشكل رقم (9- 17): a - رأس مثقب مدفع b - مخطط لعملية ثقب مدفعي

إعتماداً على قطر العُدة، فأن المثقب المدفعي نادراً ما يُشغل عند معدلات تغذية تتجاوز (0.003 *IPR*)، وهذا الشيء يعتبر طفيف جداً مقارنة بتغذيات المِثقب الإلتوائي، والتي بشكل نموذجي تقع ضمن المدى من (0.005 *IPR*) إلى (0.01 *IPR*). لكن المِثقب المدفعي يستخدم سرعة عالية نسبياً مقارنة لسرعة فولاذ السرعات العالية (*HSS*) للمِثقب الإلتوائي. وهذا الشيء ذو قيمة لمعدلات إزالة المعدن العالية المشتركة مع العملية. في الألمنيوم ربما تكون السرعات (600 *SFPM*)، في الفولاذ (400 *SFPM*-450 *SFPM*). السرعات والتغذيات للمِثقب المدفعي تستند على مادة الشُغلة وظروف أرضية الورشة، أما المخططات المنشورة فتزود فقط بنقاط البداية. إختيار الأرضية يعتبر حرج لحساب التركيب الصحيح لأقصى عُمر عُدة.

2.1.6.9 بدن المِثقب المدفعي (Gun Drill Body).

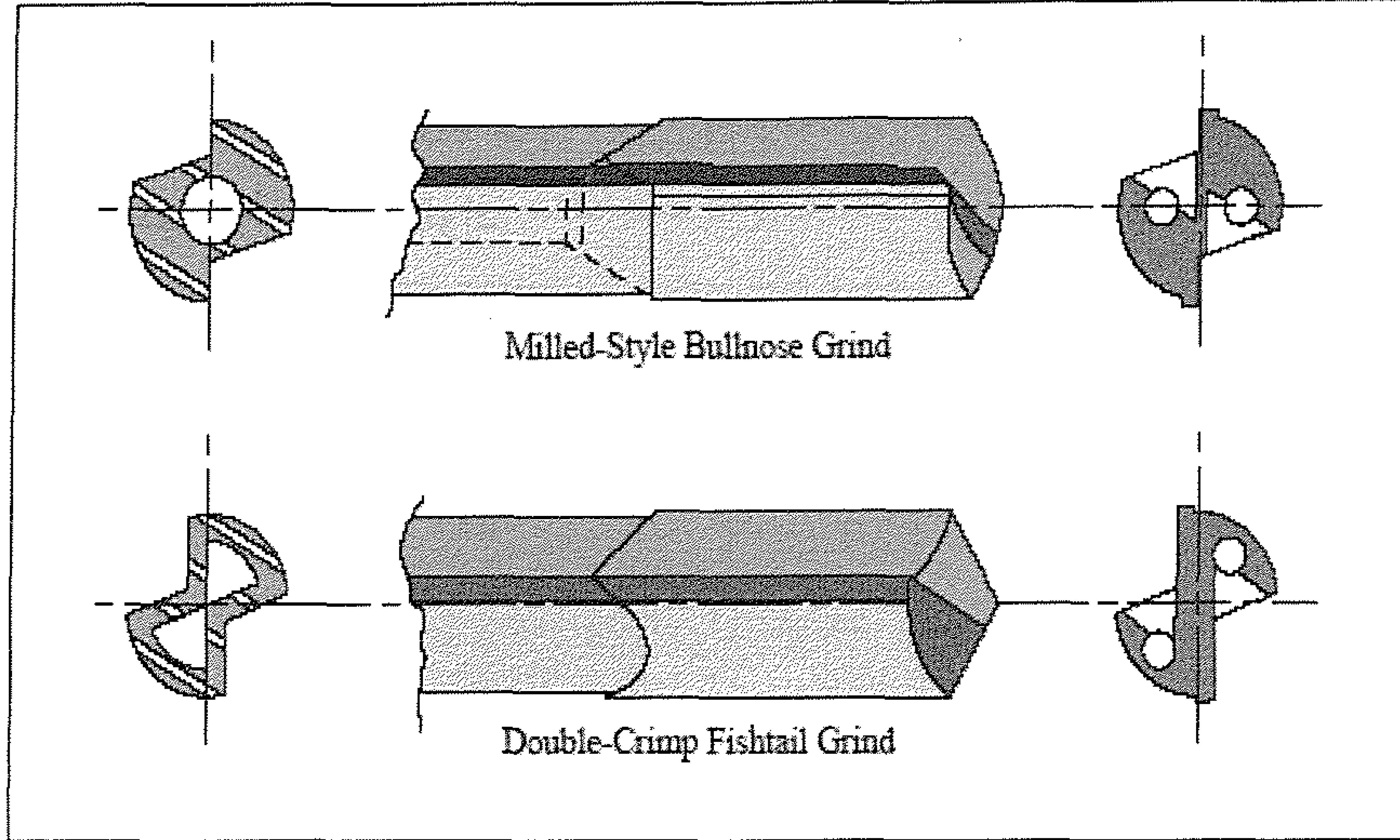
بدن المِثقب المدفعي بشكل نموذجي متكون من فولاذ الأنابيب 4120 نوعية الطائرات الذي يعامل حرارياً إلى بين (35 *Rc* - 40 *Rc*). يلحم فولاذ التدوير 4140 إلى نهاية واحدة للإنبوب و تلحم النهاية الأخرى إلى طرف أو رأس عُدة كاربيدية. الشكل رقم (9- 18) يوضح خمسة هندسيات مختلفة لرأس العُدة مع وضعيات ثقب تبريد متنوعة.



الشكل رقم (9- 18):خمسة هندسيات مختلفة لطرف أو رأس عُدة مع وضعيات ثقب تبريد متنوعة

هنالك نوعان من شكل البدن للعُدد متعددة الإخدود، المفرز (*Milled*)، والمتعرج (*Crimped*). النوع المفرز أو المُشكل عن إنبوب عمودي سميك الجدار مع أخاديد تفرز داخل البدن. أما النوع المتعرج فهو عمود إنبوبي نحيف الجدار والذي يمتلك أخاديد يتم تشكيلها بقالب طرق داخله. يعتمد عدد الأخاديد على المادة المراد قطعها. عند ثقب مادة تتكسر بسهولة إلى شظايا صغيرة، مثل حديد الزهر، يتم إختيار عُدة بإخدودين.

من ناحية أخرى، المادة مثل فولاذ العُدة (D_2) يفضل تصميم الإخدود المفرد، حيث في هذه الحالة تمثل الشظايا لتكون خيطية وعُدة الإخدود المفرد سوف تخفض فرصة الإنحشار عندما تُزال من الثقب. الشكل رقم (9- 19) يوضح كل من الشكل المتعرج (المجعد) لبدن المثقب المدفعي مع إخدودين منتجين بواسطة التخصير بالطرق (*Swaging*) والشكل العادي المفرز للمثقب المدفعي.



الشكل رقم (9- 19): شكل المثقب المجعد والمفرز

تمتلك ثقوب التبريد في البدن المجعد شكل غير منتظم تسمح بنقل حجم واسع جداً من سائل التبريد مقارنة عما هو عليه بالثقوب في بدن العُدة التقليدية المكافئة من حيث القطر. كذلك الأخاديد التي تُشكل هي أعمق بكثير عما هو عليه في العُدد المُفرزة بسبب إن التسامح لا يصنع لسمك الجدار بين الأخدود وثقب التبريد. هذه الأخاديد العميقة تحسن كفاءة العُدة لإزالة المعدن.

3.1.6.9 طرف المثقب المدفعي (Gun Drill Tip)

يمتلك المثقب المدفعي التقليدي ثقب في الطرف الكاربيدي تحت حافة القطع مباشرة. يضخ سائل القطع المضغوط خلال بدن العُدة وخارج الثقب (إنظر الشكل رقم (9- 18)). إن سائل التبريد له ثلاثة أغراض: التزييت، وتبريد حافة القطع، تُرجع الرايش إلى الوراء قسراً على طول الإخدود في بدن العُدة، وتساعد على تقسية ساق العُدة. يمتلك التصميم الجديد ثقب واحد في قمة طرف العُدة الذي يُوصل السائل مباشرة بفعالية عند حافة القطع. الثقب الآخر الذي في الموضع التقليدي يساعد على التزويد بوظيفة قذف الرايش. الانسياب الكلي لسائل القطع يتم مضاعفته بواسطة ترتيب هذين الثقبين، والأكثر أهمية هو إن هذا

التصميم ينتج شظايا حوالي نصف حجم المثقب المدفعي التقليدي لنفس القطر بإستخدام نفس معدل السرعة والتغذية، بحيث إن حشو الشظايا على طول ساق العُدة يتم تجنبه في معظم المواد.

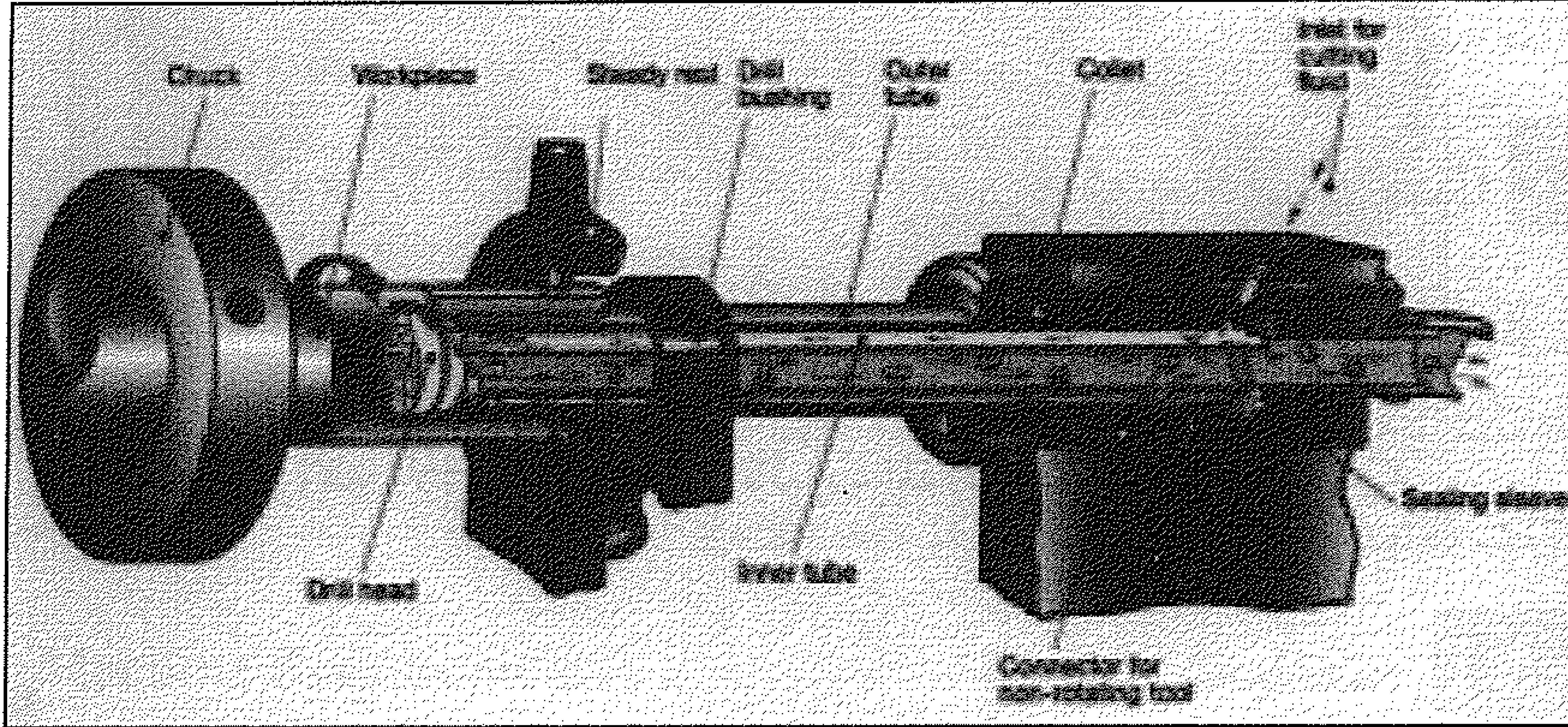
مادة رأس العُدة الأكثر شيوعاً هي كاربيد (C_2) الذي هو أحد أصلد الأصناف وعادة يترافق مع تطبيقات حديد الزهر. بسبب كون بلى العُدة المفرط هو المشكلة الرئيسية عند قطع الفولاذ، لذلك يوصى بإستخدام الصنف الصلد مثل (C_2)، على الرغم من إن كاربيد (C_5) تم تصنيفه كصنف تشغيل للفولاذ في معظم الكتب . إن كاربيد (C_5) هو صنف مقاوم للصدم، وليس صنف مقاوم للبلى، لذلك فهو غير ملائم لطرف عُدة المثقب المدفعي. كاربيد (C_3) هو أصلد من (C_2)، ويستخدم في تطبيقات مُحددة، وعلى أية حال، يجب توخي الحذر الشديد عند إعادة شحذ هذه المادة بسبب إنها أسهل لإرجاع حرارة حافة القطع.

حديثاً، تم تطبيق الطلاءات مثل نتريد التيتانيوم لأطراف المثقب المدفعي لإطالة عُمر العُدة. الطريقة العملية الوحيدة لترسيب الطلاءات على العُدة الدقيقة مثل المثاقب المدفعية هي طريقة الترسيب الفيزيائي للبخار (PVD) ولكن النتائج في هذا المجال غير مشجعة. على خلاف عُدد فولاذ السرعات العالية المطلية، طلاء طرف المثقب المدفعي لا تبدي ربط ميثالورجي جيد، حيث يُمسح الطلاء أثناء عملية قطع المعدن. إن إستخدام الترسيب الكيميائي للبخار (CVD) سوف يُكون ربط ميثالورجي بين الطلاء وطبقة الكاربيد التحتية، لكن الحرارة العالية المحتاجة بواسطة العملية تشوه العُدة، على أمل أن تحل هذه المشاكل في المستقبل القريب.

2.6.9 النظام القاذف (The Ejector System) .

يتضمن النظام القاذف رأس مثقب، إنبوب خارجي، إنبوب داخلي، جُلبة وصل، طوق، وكُم مانع للتسرب. يثبت رأس المثقب بلولب إلى إنبوب المثقب بواسطة سن مربع رباعي البدء. الإنبوب الداخلي أطول من الإنبوب الخارجي.

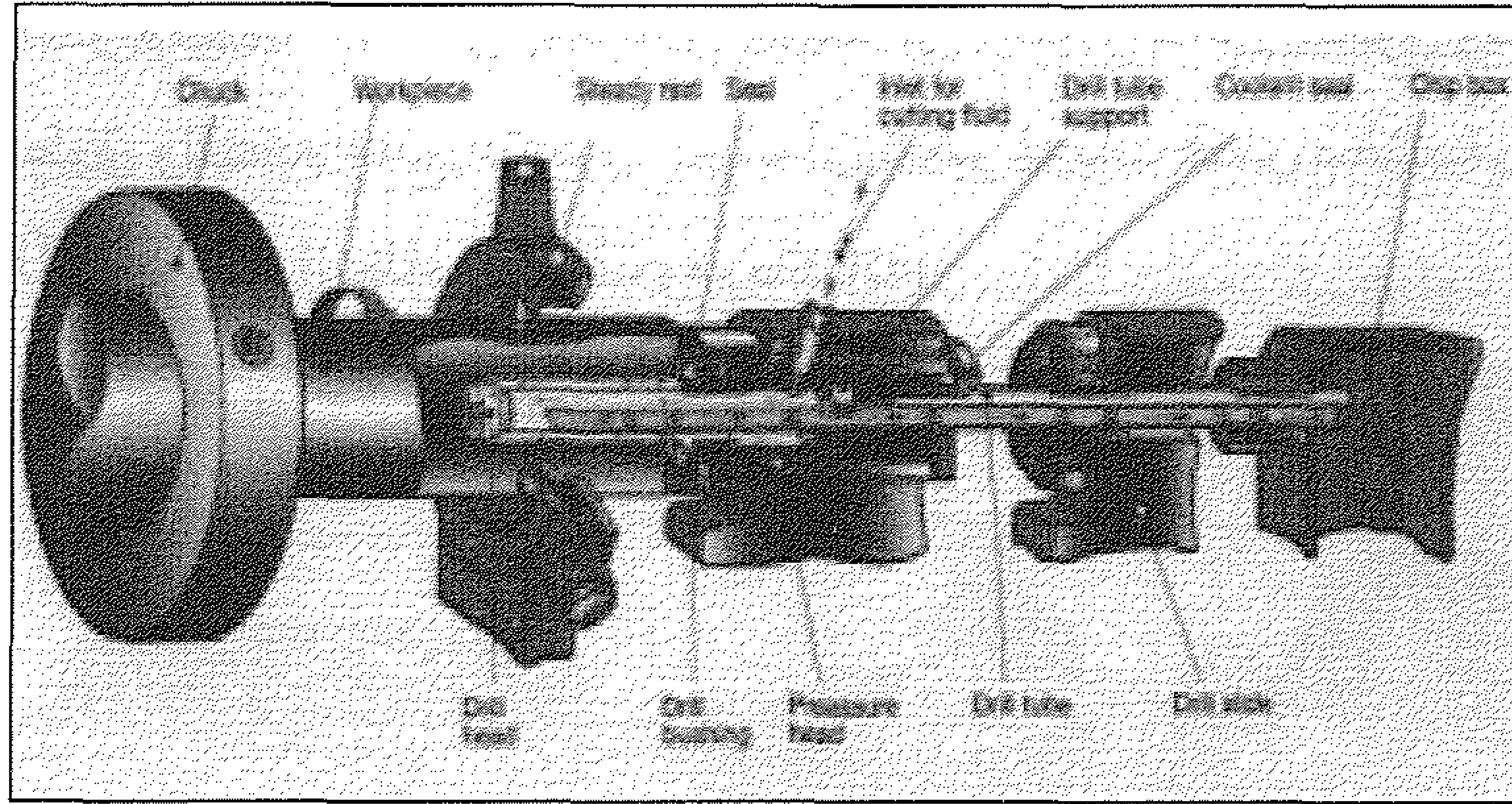
إنبوب المثقب والإنبوب الداخلي يوصلان للربط بواسطة وسائل الطوق وكُم مانع للتسرب. الطوق والكُم مانع التسرب يجب أن تتغير لمديات قطر مختلفة. الشكل رقم (9- 20) يوضح النظام القاذف ومركباته.



الشكل رقم (9- 20): النظام القاذف ومركباته الرئيسية

3.6.9 نظام الإنبوب المفرد (The Single Tube System – STS).

يستند نظام الإنبوب المفرد على سائل القطع الخارجي المجهز وناقل الرايش الداخلي. وكقاعدة يثبت رأس المِثقب بلولب على إنبوب المِثقب. يجهز سائل القطع بواسطة الفراغ بين إنبوب المِثقب والثقب المثقوب. بعد ذلك يزال سائل القطع مع الشظايا خلال إنبوب المِثقب. سرعة سائل القطع تكون عالية جداً لكي تنقل الرايش خلال الإنبوب بدون إضطراب. بما إن إفراغ الرايش يكون داخلي، لذلك لا تكون هنالك حاجة إلى إخدود رايش في الساق، لهذا المقطع العرضي للطرف المستدق يمكن أن يصنع مستدير بالكامل، والذي يزود بثباتية عالية مقارنة بالذي هو عليه في نظام المِثقب المدفعي. الشكل رقم (9- 21) يوضح نظام الأنبوب المفرد.



الشكل رقم (9- 21): نظام الأنبوب المفرد ومركباته الأساسية

4.6.9 مقارنة بين أنظمة الأنبوب المفرد والنظام القاذف .

كل من نظام الإنبوب المفرد والنظام القاذف يمتلكان مديات واسعة للتطبيق، ولكن في بعض الأوقات يكون عندها نظام واحد يفضل على الآخر. يفضل نظام الإنبوب المفرد للمواد التي تمتلك خواص تكوين رايش فقيرة مثل الفولاذ المقاوم للصدأ، الفولاذ واطئ الكاربون، والمواد مع تركيب متفاوت، عندما توجد مشاكل تكسير الرايش.

نظام الإنبوب المفرد مفيد لأشواط الإنتاج الطويلة، الشُغلات الطويلة جداً والمنتظمة ولأقطار الثقوب الأكثر من (7.875"). لا يتطلب النظام القاذف سداد بين الشُغلة وجُلبة الثقب. لذلك يمكن أن يُعدل النظام بسهولة للماكنات الموجودة ويفضل في المخارط ذات التحكم الرقمي (*NC*)، الخراطة بين المراكز، الماكنات عامة الغرض، والتشغيل بين المراكز . بما إن سائل القطع يجهز بين الأنابيب الخارجية والداخلية، لذلك لا يتطلب فراغ بين إنبوب المِثقب وجدار الثقب كما هي الحال في ثقب الإنبوب المفرد.

لذلك يستخدم النظام القاذف غالباً للتشغيل في الشُغلات التي يمكن أن ترتفع فيها مشاكل التسرب. النظام القاذف يمكن أن يستخدم للفائدة عندما يكون بالإمكان إستخدام التجويف المثقوب مسبقاً عوضاً عن جُلبة المِثقب من أجل التوجيه، كمثال في التشغيل بين المراكز.

5.6.9 المتطلبات التشغيلية (Operational requirements) .

إن التشغيل مع سرعات عالية والطلب المتزايد على الإنهاء السطحي والتفاوتات يحتاج عُدة ماكنة جاسئة جداً وذات قدرة عالية. من الممكن إستخدام ماكنات تقليدية مع قدرة وجساءة كفوئتين.

1.5.6.9 متطلبات الماكنة (Machine Requirements) .

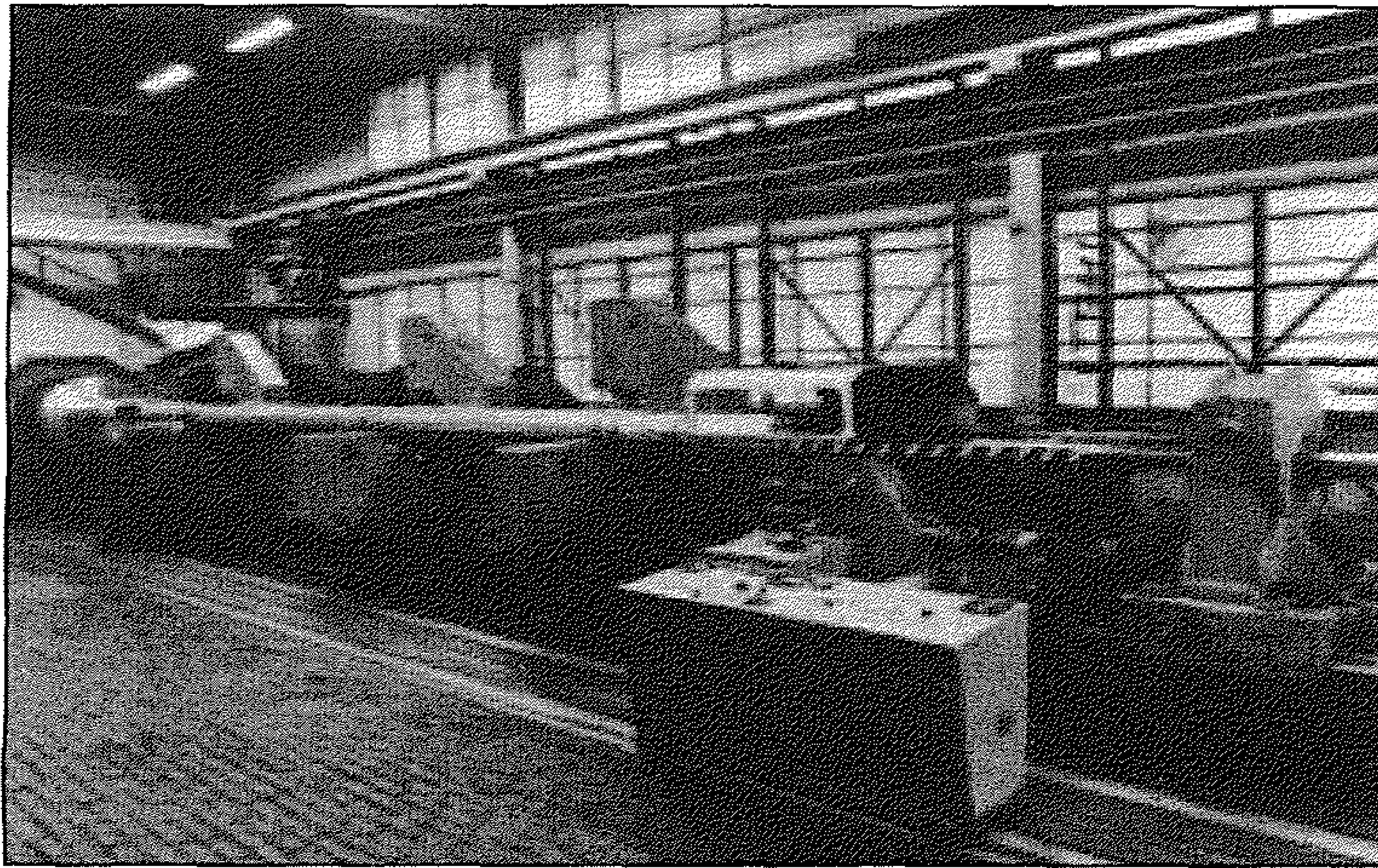
سرعات التغذية العالية التي تميز ثقب التجويف العميق تفرض الطلبات العالية على الطاقة المتوفرة، ولكي يتم إنجاز دقة جيدة، فيجب أن تكون الماكنة جسيئة ومحامل عمود الدوران حرة الحركة. التكسير الجيد للرايش يتطلب تغذية عالية والتغذية يجب أن تكون ثابتة، وبخلاف ذلك ربما يتغير تكسير الرايش مؤدياً إلى حشره. إن أفضل تكسير للرايش يمكن الحصول عليه من تغذية مضبوطة بشكل نهائي. من الأهمية أن تكون الماكنة مجهزة بأجهزة أمان لحماية الماكنة، العُدة والشُغلة.

إن الغرض من جهاز الأمان هو لإيقاف الماكنة آلياً في حالة حدوث فرط التحميل. إن عمود دوران الماكنة يجب أن لا يكون قادراً على البدء حتى يصل ضغط سائل القطع إلى الحد الأدنى المضبوط مسبقاً، كذلك يجب أن تصل درجة الحرارة ونوعية سائل القطع إلى المستوى الصحيح قبل بداية التشغيل. أفضل الحمايات لفرط التحميل التي تكون مرتبطة بضغط التغذية. من الأهمية القصوى بأن تكون حدود فرط التحميل الموضوعة ليس أكثر من (10٪ - 13٪) فوق

ضغط المِثقب الفعلي. بعدها سوف تكون التغذية قادرة على التوقف قبل أن يتضرر المِثقب.

2.5.6.9 أنواع الماكنات (Machines Types) .

إن تصميم ماكنات الثقب العميق يكون متنوع. أطول الماكنات تتكيف لمديات القطر الخاصة وأطوال الشُغلة. ماكنة خاصة طويلة جداً موضحة في الشكل رقم (9- 22).

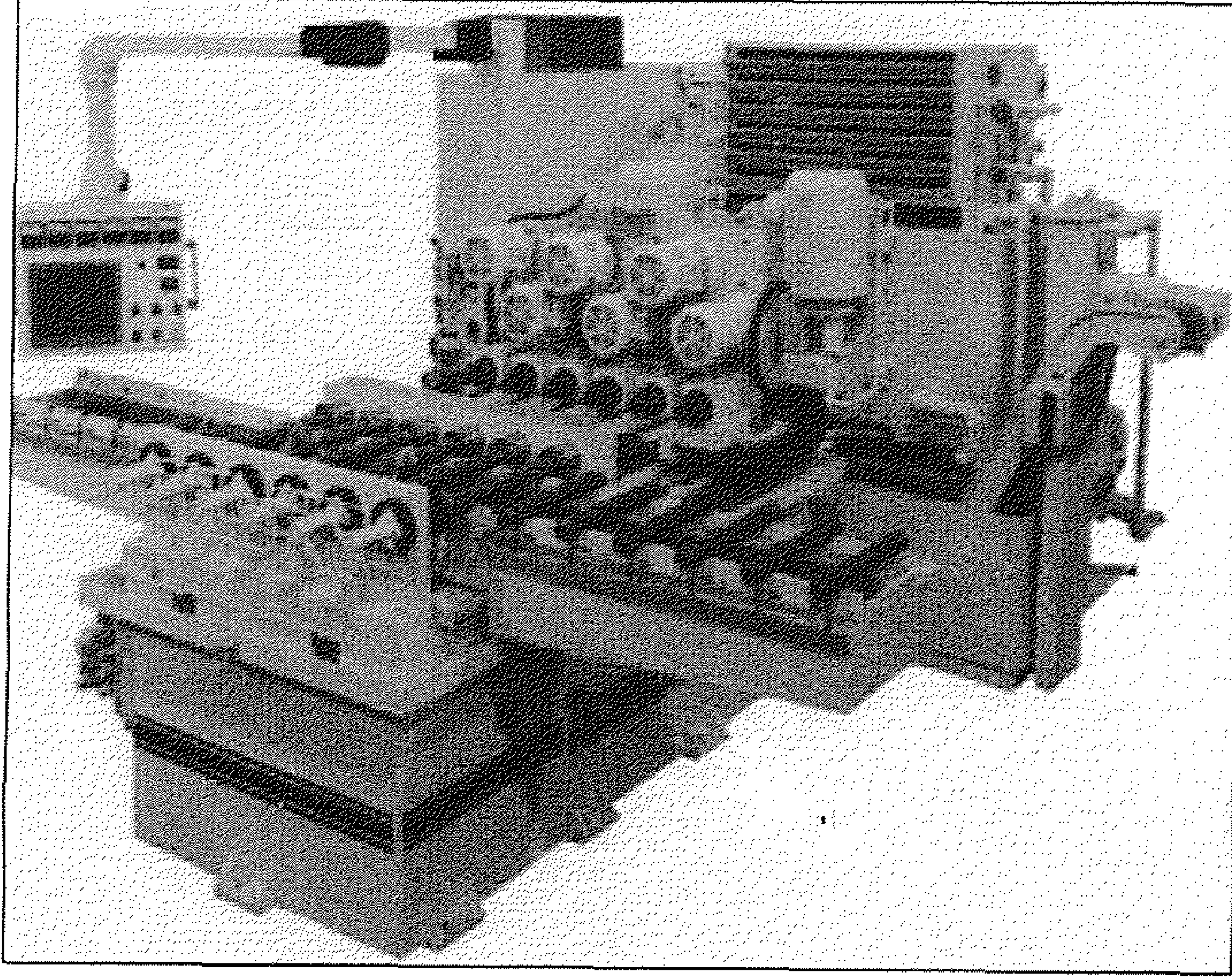


الشكل رقم (9- 22): ماكنة ثقب عميق خاصة طويلة جداً

تصمم ماكنات الثقب العميق غالباً لتسمح بالإختيار بين الشُغلة الدوارة، العُدة الدوارة، أو كل من الشُغلة والعُدة يكونان دائرتين. في تشغيل الشُغلات غير المتناظرة، تعمل الماكنة مع مِثقب دوار وشُغلة غير دوارة، لأن الشُغلة لا تستطيع الدوران عند سرعة كفوءة. عند تشغيل الشُغلات الطويلة والنحيفة يغذى المِثقب غير الدوار داخل الشُغلة الدوارة. عندما يجب أن يلاقي الثقب متطلبات الإستقامة العالية، كل من المِثقب والشُغلة يجب أن يدوران، حيث يكون إتجاه دوران المِثقب معاكس لإتجاه دوران الشُغلة.

يكون نظام الإنبوب المفرد صعب التكييف للماكنات القياسية، بينما الثقب القاذف وفي بعض الحالات، الثقب المدفعي يمكن أن ينفذان ببساطة نسبياً

في الماكنات التقليدية. وتكون عندها التكاليف الأوسع بشكل كبير لنظام سائل القطع، ترتيب إزالة الرايش، خزان التصفية والمضخة. الشكل رقم (9- 23) يوضح ماكنة ثقب مدفعي خاصة لثقب ستة أعمدة حدبات *(Cam Shafts)* في وقت واحد. تتضمن هذه الماكنة تحميل وتفريغ آلي للأجزاء.



الشكل رقم (9- 23): ماكنة ثقب مدفعي خاصة لثقب ستة أعمدة حدبات في آن واحد

3.5.6.9 تكسير الرايش (Chip Breaking).

إن الشيء الأساسي في عمليات الثقب هي نقل الشظايا خارجاً من حافات قطع المِثقب. إن الشظايا مفرطة الطول والواسعة يمكن أن تعلق في مسالك الرايش. إن الرايش المناسب هو الذي طوله أكبر من عُرضه. على أية حال، يجب أن لا تتكسر الشظايا أكثر من اللازم، لأن تكسير الرايش يستهلك الطاقة والحرارة التي تتولد تزيد البلى على حافات القطع.

الشظايا مع طول (3- 4) مرات العُرض يمكن أن تكون مقبولة، بالإضافة إلى أنها تستطيع المرور خلال مسلك الرايش وإنبوب المِثقب بدون

صعوبات بتأثير تكوين الرايش بمادة الشُغلة ، هندسية كسارة الرايش، سرعة القطع، التغذية، وسائل القطع المختار.

4.5.6.9 نظام التبريد (Coolant System) .

إن الغرض من التبريد في نظام الثقب هو:

1- إسناد وتزييت المنصات (Pads).

2- تحسين عُمر العُدة.

3- تثبيت الحرارة.

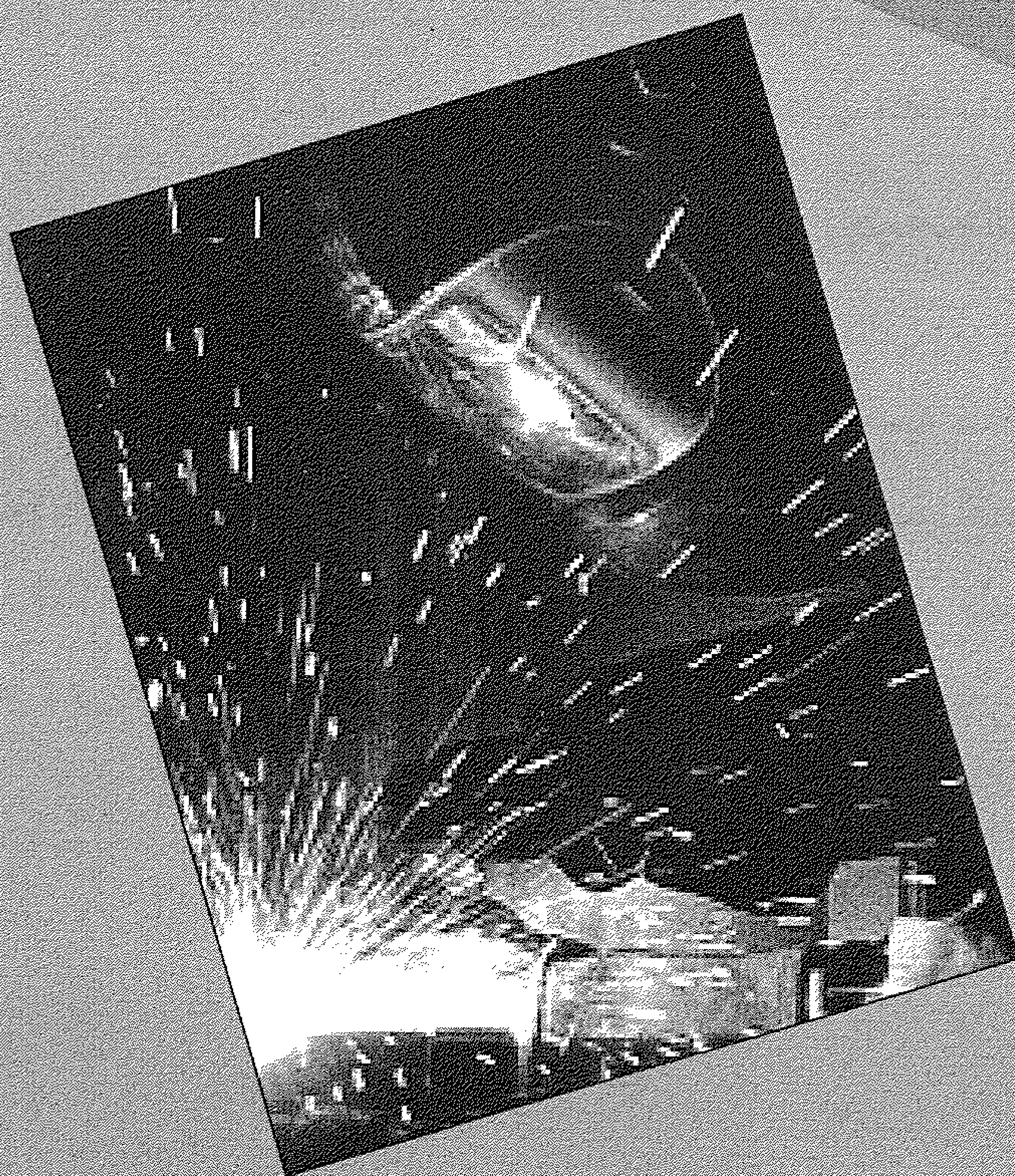
4- قذف الشظايا.

نظام التبريد يزود بمجهز مناسب لسائل التبريد النظيف للعُدة عند الضغط ودرجة الحرارة الصحيحين.

الفصل العاشر

ماكنات وعمليات التثقيب

Boring Operations and Machines



10

الفصل العاشر

ماكنات وعمليات التثقيب

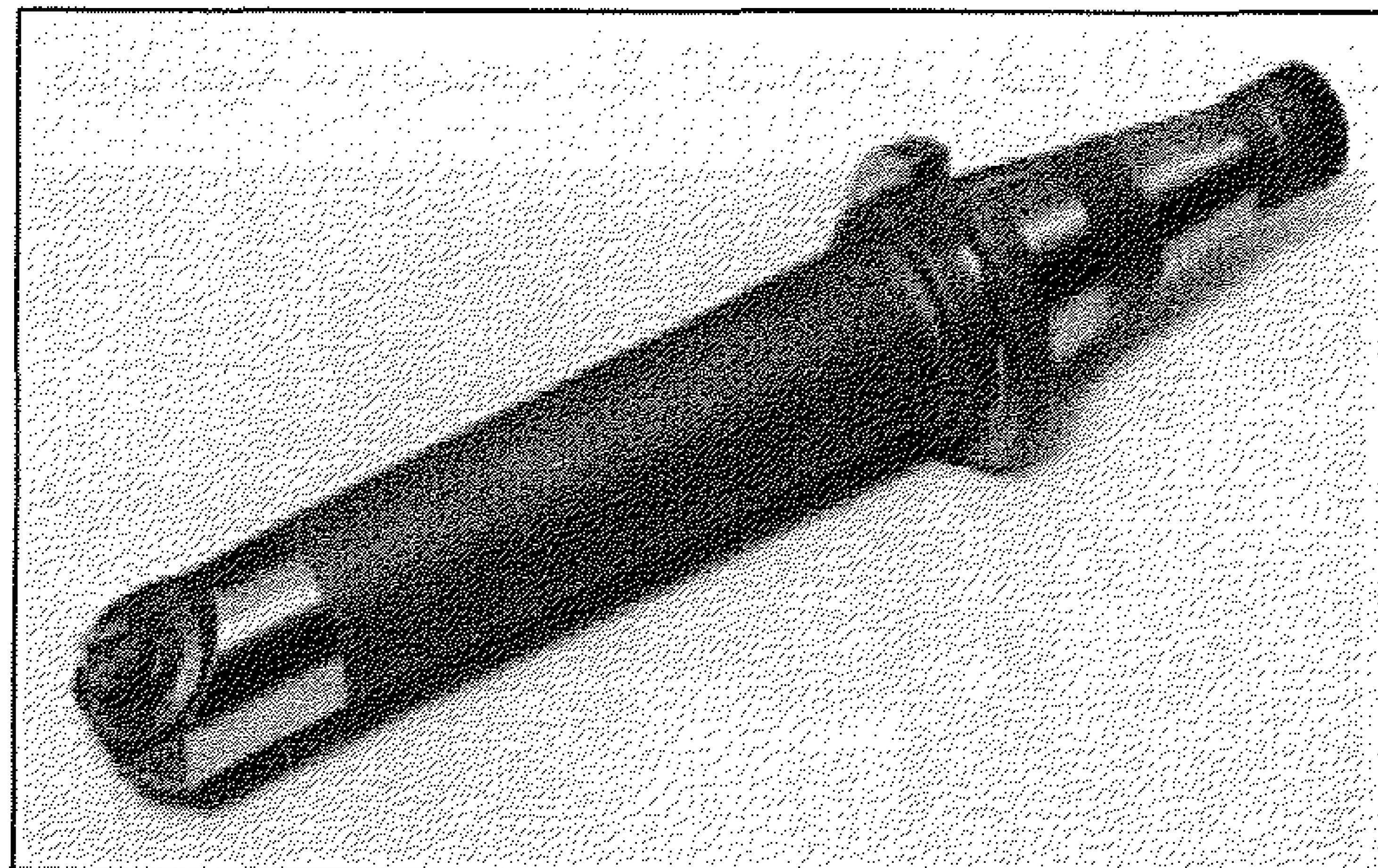
Boring Operations and Machines

1.10 المقدمة (Introduction) .

يُستخدم التثقيب (*Boring*)، كذلك يسمى الخراطة الداخلية لزيادة القطر الداخلي للثقب. يصنع الثقب الأصلي بواسطة الثقب، أو ربما يكون ثقب أجوف في مسبوكة. ينجز التثقيب ثلاثة أشياء أساسية هي :

1. التحجيم (Sizing) .

يعمل التثقيب على جعل الثقب بإنهاء وقياس مناسبين. إن البرغل يمكن أن يستخدم فقط إذا كان الحجم المرغوب به " قياسي" أو إذا كانت العُدد الخاصة مجلخة. يمكن أن تعمل عُدة التثقيب لأي قطر وسوف تعطي الإنهاء المضبوط بواسطة ضبط السرعة، التغذية، ونصف قطر المقدمة. الثقوب الدقيقة يمكن أن تُوَسع بإستخدام قضبان تثقيب قابلة للتعديل بشكل مايكروي (الشكل رقم (10- 1)).



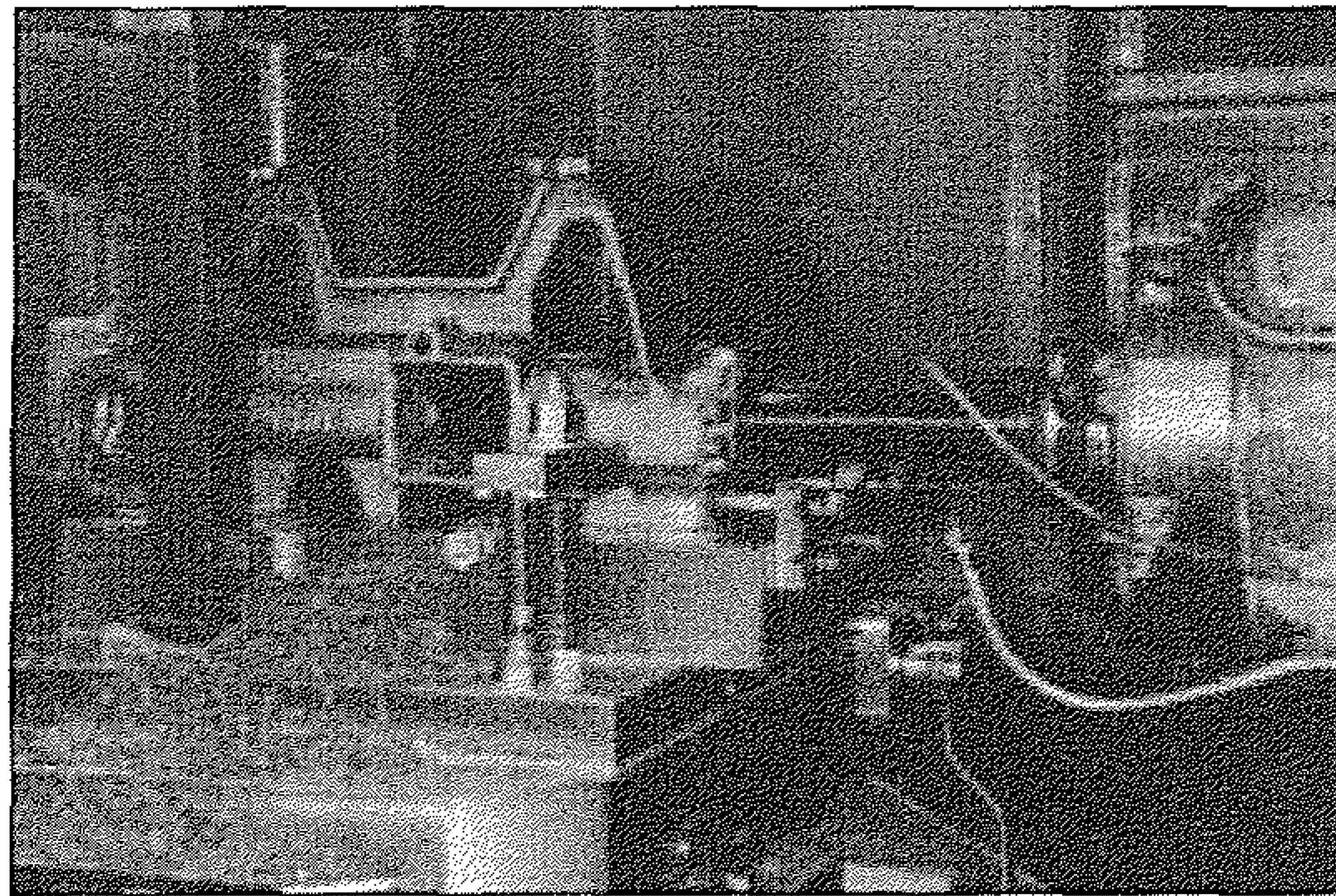
الشكل رقم (10- 1): قضيب تثقيب قابل للتعديل للثقوب الدقيقة

2. الإستقامة (Straightness).

إن التثقيب سوف يجعل الثقوب الأولية المثقوبة أو المسبوكة مستقيمة. المثاقب، خاصة الأطول منها، يمكن أن تحيد عن المراكز أو تقطع بزاوية طفيفة بسبب قوى اللاتمركز على المِثقب، المواقع الصلدة في المادة، أو الشحذ المتفاوت للمثقب (إنظر الشكل رقم (8- 10)). ثقوب السباكة في المسبوكات هي على الأغلب غير مستقيمة بالكامل أبداً. عُدة التثقيب المتحركة بإستقامة على طول المسارات مع عربة التغذية سوف تصحح هذه الأخطاء.

3. المركزية (Concentricity).

التثقيب سوف يجعل الثقب متمركز مع القطر الخارجي ضمن حدود الدقة للظرف أو جهاز التثبيت. ولأفضل مركزية، فأن خراطة القطر الخارجي وتثقيب القطر الداخلي تنجز في تنصيب واحد وبدون تحريك الشُغلة بين العمليات. إن الأساسيات التي تم مناقشتها في الفصول الرابعة والخامسة الخاصة بالخراطة تطبق كذلك للتثقيب. على أية حال، مع التثقيب هنالك عدة مُحددات والتي يجب أن تؤخذ في الحسبان لكي يتم الوصول إلى معدل إزالة خام عالية مترافقة مع دقة مرضية. إنهاء سطحي، وعُمر عُدة مرضيين. لذلك في هذا الفصل سوف يتم مناقشة المُحددات التي تميز الخراطة الداخلية من الخراطة الخارجية بتفصيل موسع. عملية تثقيب نموذجية موضحة في الشكل رقم (10- 2).



الشكل رقم (10- 2): عملية تثقيب أفقية نموذجية

2.10 عمليات التثقيب (Boring Operations) .

أغلب عمليات الخراطة التي تحدث مع الخراطة الخارجية تحدث كذلك في التثقيب. مع الخراطة الخارجية، طول الشُغلة لا يؤثر في تدلي العُدة وحجم ماسك العُدة الممكن إختياره بحيث يقاوم القوى والإجهادات التي تنشأ أثناء العملية. على أية حال، مع الخراطة الداخلية، أو التثقيب، يكون إختيار العُدة مقيد بواسطة قطر ثقب الشُغلة والطول. وكقاعدة عامة والتي تطبق لكل تشغيل هي تقليل تدلي العُدة (*Tool Over Hang*) لكي يتم الحصول على أفضل إستقرارية ممكنة وبذلك نحصل على أفضل دقة. مع التثقيب، عمق الثقب يُحدد التدلي.

تزداد الإستقرارية عند إستخدام أوسع قطر عُدة، ولكن بعد ذلك تُحدد الإمكانيات لأن الفراغ المسموح به بواسطة قطر الثقب في الشُغلة يجب أن يؤخذ بنظر الإعتبار من أجل تفريغ الرايش والحركات نصف القطرية. إن التحديدات المتعلقة بالإستقرارية في التثقيب تعني أن مزيداً من العناية يجب أن تؤخذ مع تحضير وتخطيط الإنتاج. عن طريق فهم كيف تتأثر قوى القطع بواسطة هندسية العُدة والبيانات المختارة، وكذلك فهم كيف إن الأنواع المختلفة لقضبان التثقيب وتثبيت العُدة سوف يؤثر في الإستقرارية بحيث إن الإنحراف، والإهتزاز يمكن أن يحفظا بأقل قيمة.

3.10 قوى القطع (Cutting Force) .

في التعشيق، القوة المماسية، وقوة القطع نصف القطرية سوف تحاول دفع العُدة بعيداً عن الشُغلة، والتي ينتج عنها الإنحرافات. القوة المماسية سوف تحاول سحب العُدة للأسفل قسراً وبعيداً عن خط المركز. ونتيجة لتقوس قطر المِثقب الداخلي فأن زاوية الخلوص كذلك سوف تُختزل. لذلك مع الثقوب صغيرة القطر فمن المهم على الخصوص أن تكون زاوية الخلوص للُقمة كافية لكي يتم تجنب الإتصال بين العُدة وجدار الثقب. الإنحراف نصف القطري سوف يختزل عمق

القطع. بالإضافة إلى أن الدقة القطرية سوف تتأثر، سمك الرايش سوف يتغير مع الحجم المتغير لقوى القطع. وهذا الشيء يكون بسبب الإهتزاز الذي ينتقل من حافة القطع إلى ماسك العُدة. إستقرارية العُدة والتثبيت سوف يكون العامل الذي يُحدد مقدار الإهتزاز وفيما إذا كان سوف يتوسع أو يتحدد.

1.3.10 هندسية اللُقمة (Insert Geometry) .

تمتلك هندسية اللُقمة تأثير حاسم على عملية القطع. اللُقمة الموجبة تمتلك زاوية جرف موجبة. زاوية حافة اللُقمة وزاوية الخلوص سوف يساويان أقل من (90°). زاوية الجرف الموجبة تعني قوة مماسية منخفضة. على أية حال، فأن زاوية الجرف الموجبة يتم الحصول عليها عند كلفة زاوية الخلوص أو زاوية الحافة. إذا كانت زاوية الخلوص صغيرة فأن هنالك مخاطرة للحك بين العُدة والشُغلة والإحتكاك يمكن أن يعطي إرتفاعاً في الإهتزاز. في هذه الحالات حيث زاوية الجرف هي أوسع وزاوية الحافة هي أصغر، سوف يتم الحصول على حافة القطع الحادة بشكل أكبر.

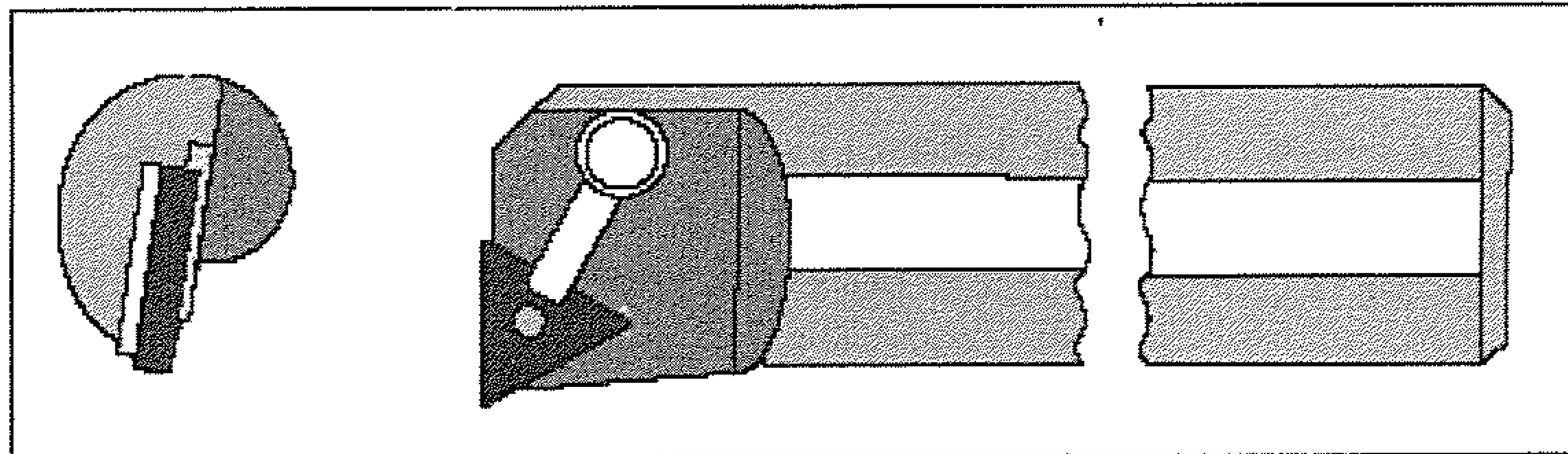
حافة القطع الحادة تخترق المادة بسهولة أكبر لكنها كذلك سهلة أكثر للتغير أو للضرر بواسطة بلى الحافة أو البلى غير المنتظم الآخر. بلى الحافة يعني بأن هندسية اللُقمة قد تغيرت، مما ينتج عنه إختزال زاوية الخلوص. لذلك، مع تشغيل الإنهاء يحتاج إنهاء سطحي للشُغلة الذي يُحدد متى اللُقمة يجب أن تُغير. بشكل عام، بلى الحافة يجب أن يكون بين($0.004''$ و $0.012''$) للإنهاء وبين ($0.012''$ و $0.04''$) للتشغيل الخشن .

2.3.10 زاوية المقدمة (Lead Angle) .

تؤثر زاوية المقدمة في إتجاهات قوى القطع المحورية ونصف القطرية. زاوية المقدمة صغيرة تولد مركبة قطع محورية كبيرة بينما زاوية المقدمة الكبيرة تنتج قوة قطع كبيرة في الإتجاه نصف القطري. تمتلك قوة القطع المحورية تأثير سالب

أدنى على العملية لأن القوة تتجه على طول قضيب التثقيب. ولتجنب الإهتزازات، فأنه من المفيد إختيار زاوية مقدمة صغيرة لكن بما إنه زاوية المقدمة تؤثر كذلك في بقية العوامل مثل سُمك الرايش وإتجاه إنسيابه ، فأنه غالباً يتم اللجوء للحل الوسط. إن المحدد الرئيسي لزاوية المقدمة الصغيرة هو إن قوى القطع تتوزع فوق أقصر مقطع لحافة القطع بخلاف ما هو عليه في زاوية المقدمة الكبيرة.

علاوة على ذلك، تتعرض حافة القطع لتحميل وإزالة تحميل مفاجئين عندما تدخل العُدة للشُغلة وتخرج منها. بما أن التثقيب ينفذ في معظم الحالات في الثقب المثقوب مسبقاً ويعين كتشغيل خفيف، زوايا المقدمة الصغيرة عموماً لا تسبب مشكلة. ويوصى بزاوية المقدمة (15°) أو أقل بشكل إعتيادي. على أية حال عند زاوية مقدمة (15°) سوف تكون قوة القطع نصف القطرية بشكل تقديري ضعف قوة القطع مع زاوية مقدمة مقدارها (0°). قضيب تثقيب مع لُقمة نموذجية بزاوية مقدمة (0°) موضحة في الشكل رقم (10- 3).



الشكل رقم (10- 3): قضيب تثقيب نموذجي مع لقمة مقسمة بزاوية مقدمة (0°)

3.3.10 نصف قطر المقدمة (الأنف) (Nose Radius).

نصف قطر المقدمة للُقمة يؤثر كذلك في توزيع قوى القطع. نصف قطر المقدمة الأوسع، يعني قوى قطع مماسية ونصف قطرية أكبر، وظهور الإهتزاز. على أية حال، هذه ليست الحالة مع قوى قطع نصف قطرية. إنحراف العُدة في الإتجاه نصف القطري هو عوضاً عن ذلك متأثر بالعلاقة بين عمق القطع وحجم نصف قطر المقدمة. إذا كان عمق القطع أصغر من نصف قطر المقدمة، سوف تزداد قوى القطع نصف القطرية مع زيادة عمق القطع. أما إذا كان عمق القطع

مساوي أو أكبر من نصف قطر المقدمة فأن الإنحراف سوف يتحدد بواسطة زاوية المقدمة. لذلك فمن الجيد إختيار نصف قطر المقدمة الذي يكون إلى حد ما أصغر من عمق القطع. وبهذه الطريقة يتم المحافظة على قوى القطع نصف القطرية أوطأ ما يمكن، بينما إستعمال مزايا أوسع نصف قطر مقدمة ممكن يقود لحافة قطع أقوى، إنهاء سطحي أفضل وضغط أكثر إنتظاماً على حافة القطع.

4.10 تكسير وإفراغ الرايش (Chip Breaking and Evacuation) .

إن الحصول على شظايا قصيرة وحلزونية نسبياً هو الهدف الرئيسي في الخراطة الداخلية. حيث إنها سهلة الإفراغ ولا تصنع إجهادات شديدة إلى حد ما على حافة القطع عندما يحدث تكسير الرايش. التكسير العنيف للرايش بمعنى عندما يتم الحصول على رايش قصير يتطلب قدرة ويمكن أن يزداد الإهتزاز في قضيب التثقيب. على أية حال، فأن هذا الشيء يفضل فوق الحصول على شظايا طويلة، التي يمكن أن تجعل إفراغ الرايش أكثر صعوبة. تكسير الرايش متأثر بعدد من العوامل مثل هندسية اللقمة، نصف قطر المقدمة، زاوية المقدمة، عمق القطع، التغذية، وسرعة القطع .

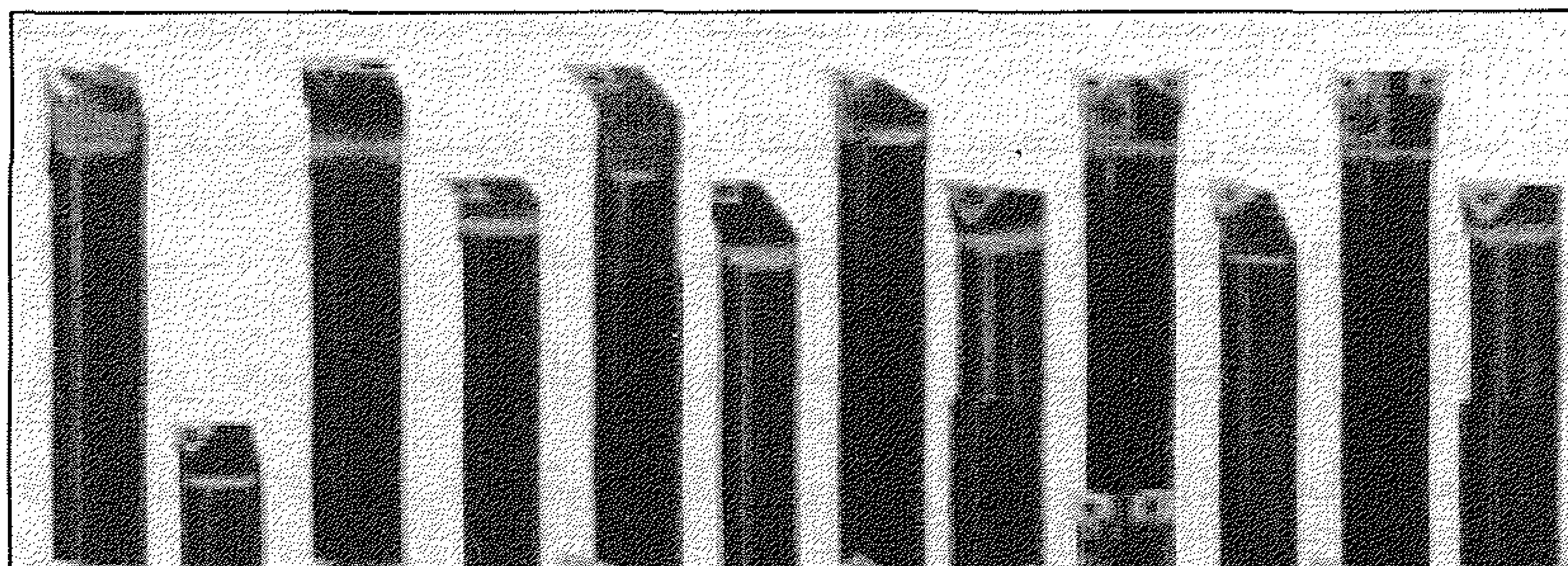
بشكل عام، إختزال التغذية و/أو زيادة سرعة القطع ينتج شظايا أطول. شكل كسارة الرايش يتأثر بنصف قطر الرايش حيث أي حافة قطع ناشئ أو بلى حفري يمكن كذلك أن تعمل ككسارة رايش. الإتجاه الذي عنده تنساب الشظايا والطريقة التي تُدور فيها إلى حلزون يتأثر بزاوية المقدمة أو الجمع بين عمق القطع ونصف قطر المقدمة. إن العوامل التي تؤثر في السيطرة على الرايش تؤثر كذلك في إتجاه وحجم قوة القطع. لذلك من الضروري إختيار مرتبة وهندسية اللُقمة التي تحقق مع عوامل التشغيل المختارة متطلبات السيطرة الجيدة على الرايش. في نفس الوقت، يجب أن يزود قضيب التثقيب وتثبيت العُدة إستقرارية كافية لكي تقاوم قوى القطع الناشئة. أثناء عمليات التثقيب يمكن

أن يكون جريان الرايش حرج، خصوصاً عندما تُشغل الثقوب العميقة. قوة الطرد المركزي تضغط الشظايا إلى الخارج. وهذا يعني مع التثقيب بأن الشظايا تبقى في الشُغلة. ببقاء الشظايا يمكن أن تضُغط داخل السطح المُشغل أو تُحشر وتسبب الضرر للعُدة.

لذلك، كما هو الحال مع الخراطة الداخلية فأنه يوصى بإستخدام العُدد مع سوائل القطع الداخلية. الشظايا سوف تُقذف بعد ذلك خارج الثقب بشكل فعال. يمكن أن يستخدم الهواء المضغوط كبديل لسائل القطع ومع الثقوب الحوضية (*Trough Holes*) فأن الشظايا يمكن أن تُقذف خلال عمود الدوران وتُجمع في حاوية.

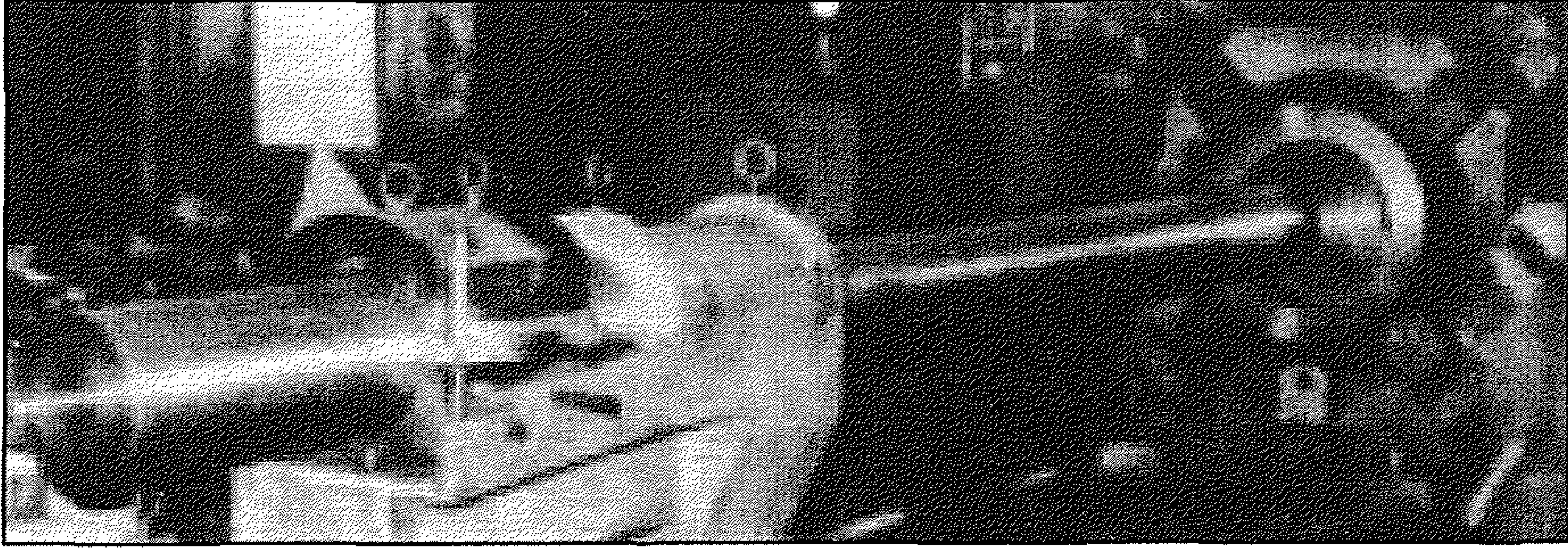
5.10 ثباتية الثقب (Boring Rigidity).

الهندسيات المُقسمة يمكن أن تمتلك عمليات خراطة خارجية بالإضافة إلى العمليات الداخلية. إن خراطة الإتصال المفرد الداخلية يشار إليها كتثقيب، ويمكن إستعمالها من أجل عملية التخشين أو الإنهاء. عُدد التثقيب أحادية الإتصال تضم عمود مدور مع حافظة لُقمة واحدة تُصمم لتصل إلى داخل الثقب أو الفجوة المنفصلة لإزالة الخام الداخلي في مشوار واحد أو عدة مشاوير تشغيل. الشكل رقم (10- 4) يوضح أحجام ونماذج متنوعة لقضبان التثقيب.



الشكل رقم (8- 4): أحجام وأشكال متنوع لقضبان التثقيب

إن مفتاح الإنتاجية في عمليات التشغيل هو ثباتية (جساءة) العُدة. تتطلب قضبان التثقيب غالباً أن تصل إلى مسافات طويلة داخل الأجزاء لإزالة الخام (إنظر الشكل رقم (10- 5)). لهذا السبب جساءة عملية التشغيل مطلوبة بسبب إن قطر العُدة مقيد بحجم الثقب والحاجة لإضافة خلوص لإفراغ الشظايا. حدود التدلي العملية لقضبان التثقيب الفولاذية هي أربع مرات قطر الساق. عندما تتجاوز العُدة حدود التدلي الخاصة بها، فأن معدل إزالة المعدن لعملية التثقيب يكون حالة وسطية (إستقرار ولا إستقرار) بشكل كبير نتيجة للإفتقار إلى الجساءة وزيادة إحتمالية الإهتزاز.



الشكل رقم (10- 5): وصول قضبان التثقيب لمسافات طويلة

1.5.10 إنحراف قضيب التثقيب (Boring bar Deflection).

يعتمد حجم إنحراف قضيب التثقيب على مادة القضيب القطر، التدلي، وحجم قوى القطع الماسية ونصف القطرية. يمكن أن يتم حساب إنحراف قضيب التثقيب، ولكن هكذا حسابات ليست في منظور هذا الكتاب. إن الزيادة في قطر العُدة لخلق زيادة عزم القصور الذاتي يمكن أن يعادل أو يبطل الإنحراف. إختيار قضيب التثقيب المصنوع من مادة تمتلك معامل مرونة عالي يمكن كذلك أن يقاوم الإنحراف. بما إن الفولاذ يمتلك معامل مرونة منخفض عما هو عليه في الكاربيد المسمنت، لذلك تعتبر قضبان التثقيب الكاربيدية هي أفضل من أجل التدلي الكبير.

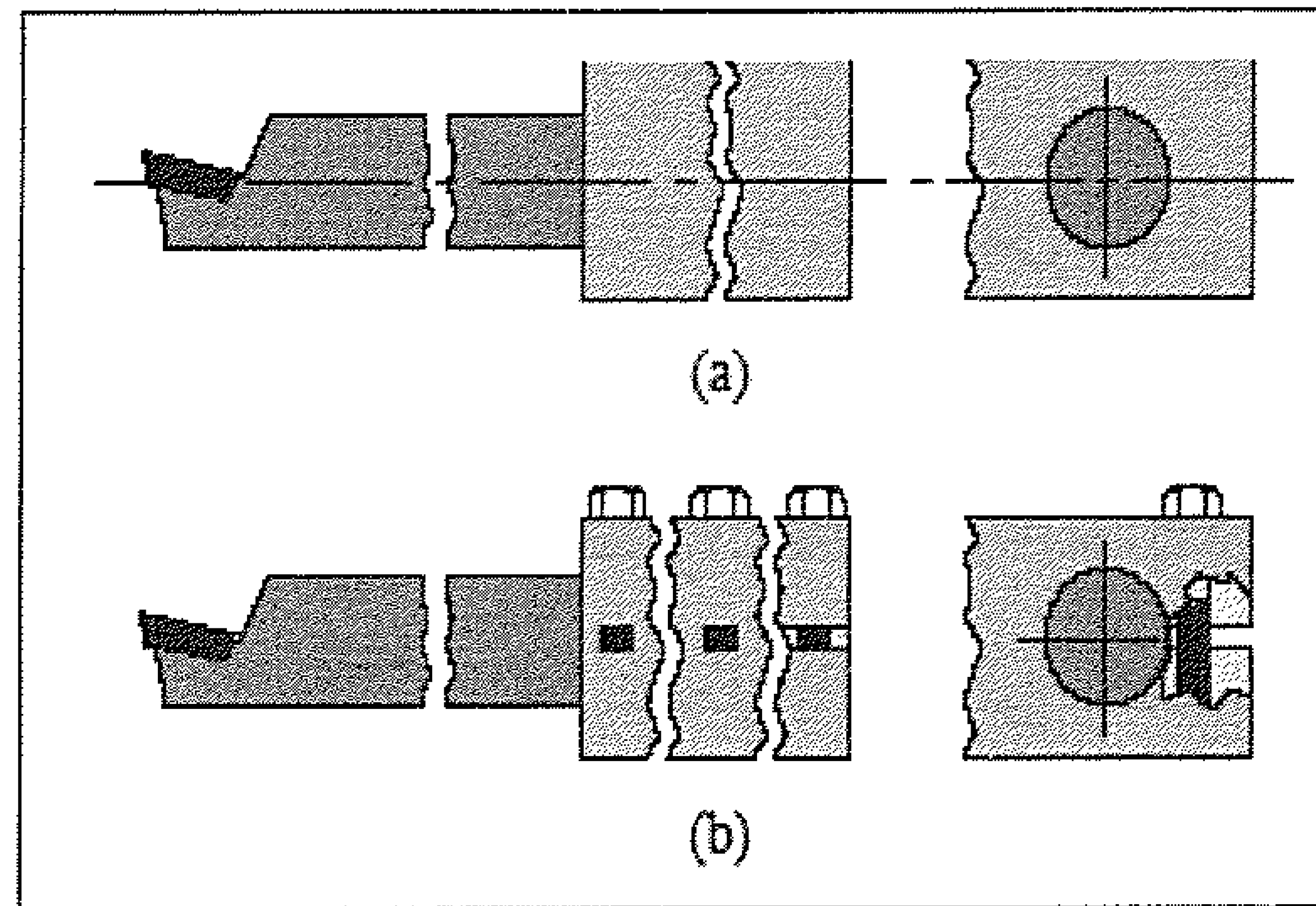
2.5.10 معادلة من أجل الإنحراف (Compensaty for Deflection) .

حتى مع أفضل تثبيت عُدة، سوف يحدث بعض الميل للإهتزاز في التثقيب. الإنحراف القطري يؤثر في القطر المُشَغل. الإنحراف المماسي يعني بأن طرف اللُقمة يتحرك نزولاً بعيداً عن خط المركز. في كلا الحالتين حجم واتجاه القطع يكون متأثر بالتغيرات في العلاقة بين سُمك الرايش وهندسية اللُقمة. إذا عُرف الحجم المضبوط لإنحراف طرف اللُقمة في التقدم، عندها يمكن تجنب المشكلة. وبواسطة تحديد موقع مسافة طرف اللُقمة فوق خط المركز، فأن اللُقمة تحت تأثير القوة المماسية، سوف تأخذ الموقع الصحيح أثناء التشغيل.

بنفس الطريقة، تنصيب الماكنة عند عمق القطع الذي يكون أكبر من عمق القطع المطلوب يتم معادلته للإنحراف نصف القطري. عندما يبدأ القطع، قوة القطع نصف القطرية تختزل عمق القطع. حتى إذا كان بالإمكان حساب الإنحراف التقريبي، فأن حصيلة الإنحراف العملي تكون مختلفة إلى حد ما بسبب كون التثقيب غير مطلق الجساءة أبداً وبسبب إنه من المستحيل حساب قوة القطع بشكل مضبوط.

3.5.10 تثبيت قضيب التثقيب (Boring Bar Clamping) .

إن مقدار الحركة الطفيف في النهاية الثابتة لقضيب التثقيب سوف تقود لإنحراف العُدة. إن أفضل إستقرارية يتم الحصول عليها مع ماسك الذي يغلف كلياً القضيب. هذا النوع من الماسكات موجود في نمطين: الأول هو الثابت أو الجاسئ (*Rigid*) (الشكل رقم (a-6-10)) والثاني هو قضيب مثبت بشفة (*Flange Mounted Bar*) (الشكل رقم (b-6-10)) الذي يثبت عندما يُشد. مع القضيب المثبت بجساءة، فأن القضيب أما أن يكون مسبق الإنكماش داخل الماسك و/أو يُلحم فيه. مع مثبت الشفة، الشفة (*Flange*) تستخدم بشكل إعتيادي مع ثقب خلال القضيب. تلصق الشفة عادة على ساق القضيب عند المسافة التي تعطي التدلي المطلوب.

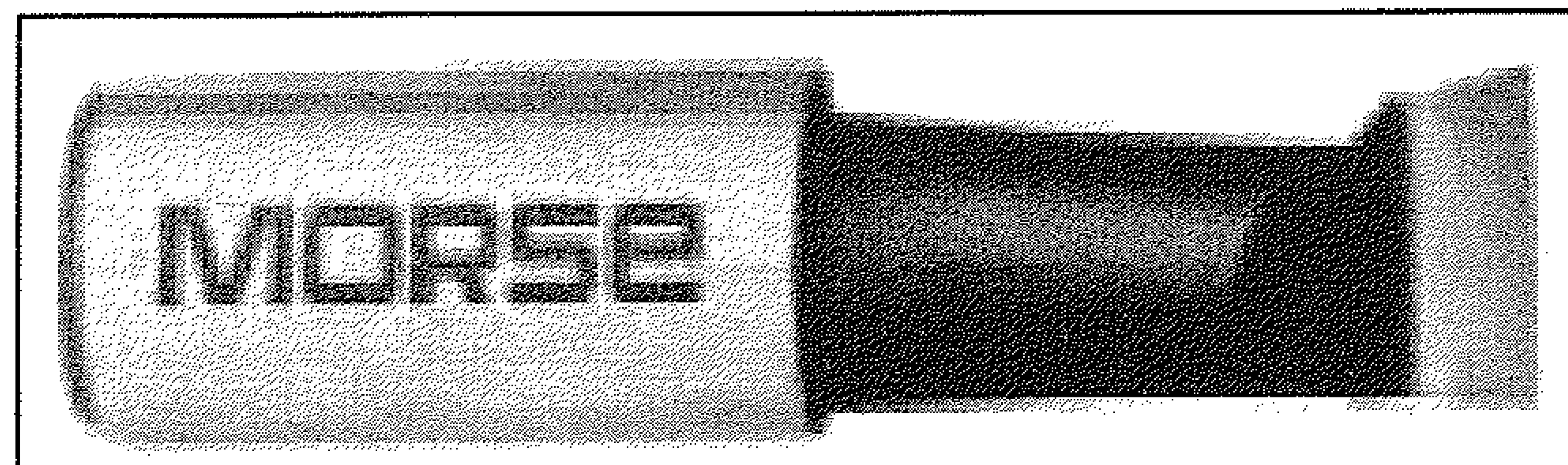


الشكل رقم (10- 6): طريقتان لتثبيت قضيب التثقيب a. القضيب الجاسئ b. قضيب مثبت بشفة

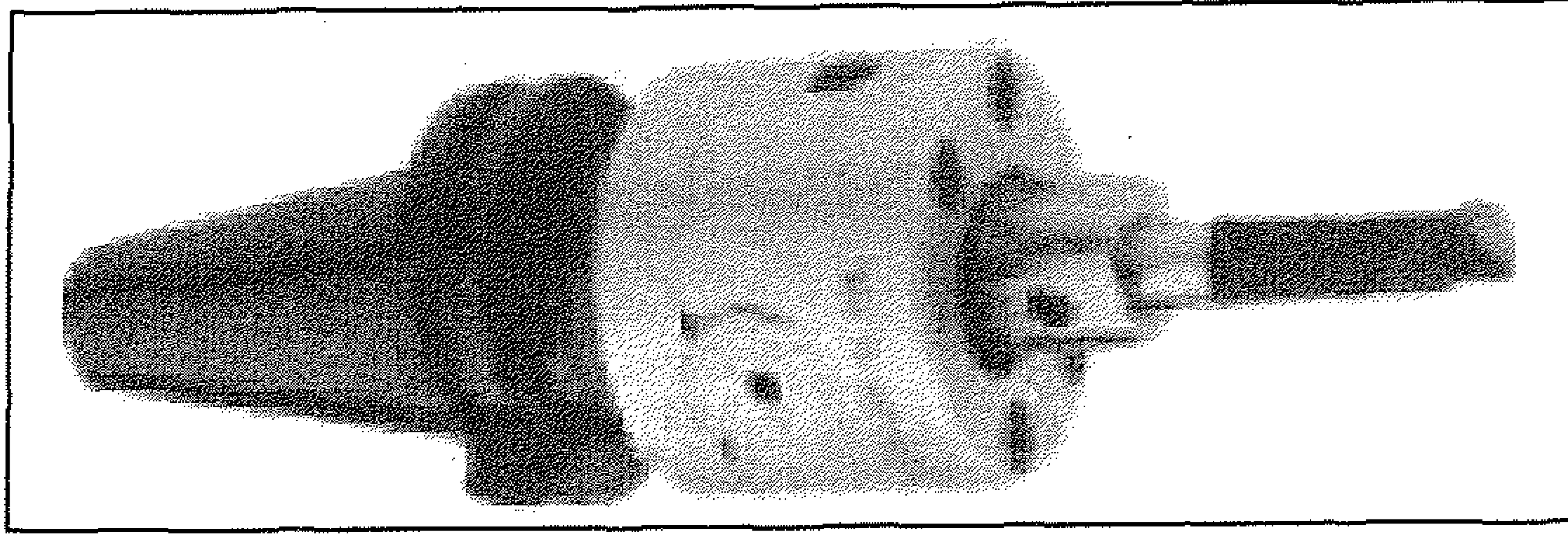
بعد ذلك يُغذى القضيب داخل الماسك ويثبت بواسطة وسائل الربط اللولبي أو بواسطة مسكه في البرج. تعتبر طرق تثبيت العُدة التي تستخدم مثبتات اللولب على القضيب أقل كفاءة. هذا الشكل ينتج عموماً الإهتزاز ولا يوصى به. هذه الطريقة يجب أن لا تستخدم لتثبيت قضبان الكاربيد المسمنت. الكاربيد المسمنت أكثر هشاشة من الفولاذ والشقوق سوف تحدث كنتيجة للإهتزاز والتي ربما تنتج الكسر في الدوران.

6.10 قضبان التثقيب (Boring Bars) .

تصنع قضبان التثقيب في تنوع واسع من الأشكال وكما موضح في الشكل رقم (10- 4). قضبان التثقيب مفردة الإتصال (الشكل رقم (10- 7)) سهلة التجليخ ولكنها صعبة الضبط عندما تستخدم في المخارط البرجية والآلية والتشغيل بين المراكز، مالم تمسك في ماسك قابل للضبط (الشكل رقم (10- 8)).

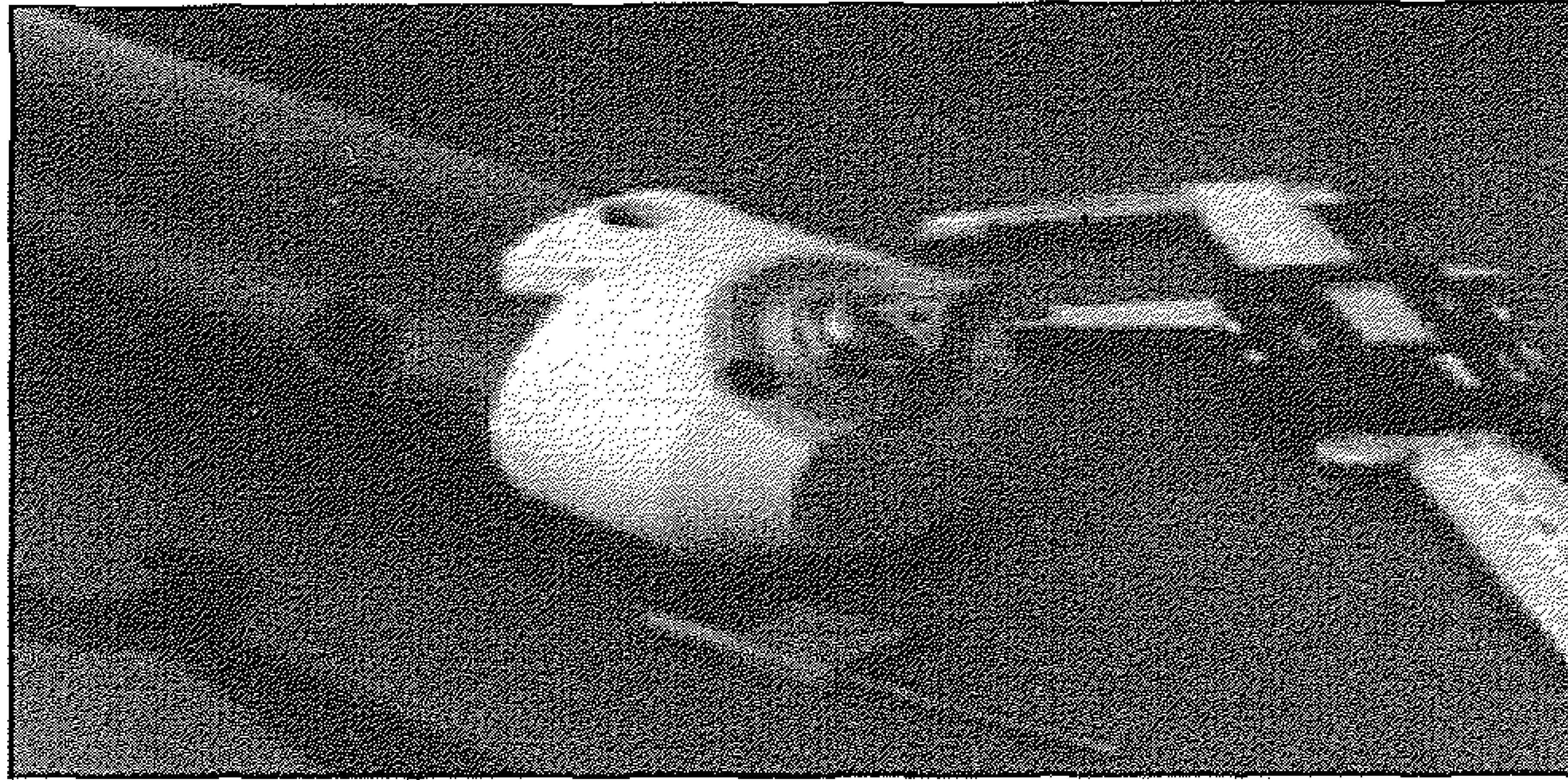


الشكل رقم (10- 7): قضيب تثقيب مفرد الاتصال



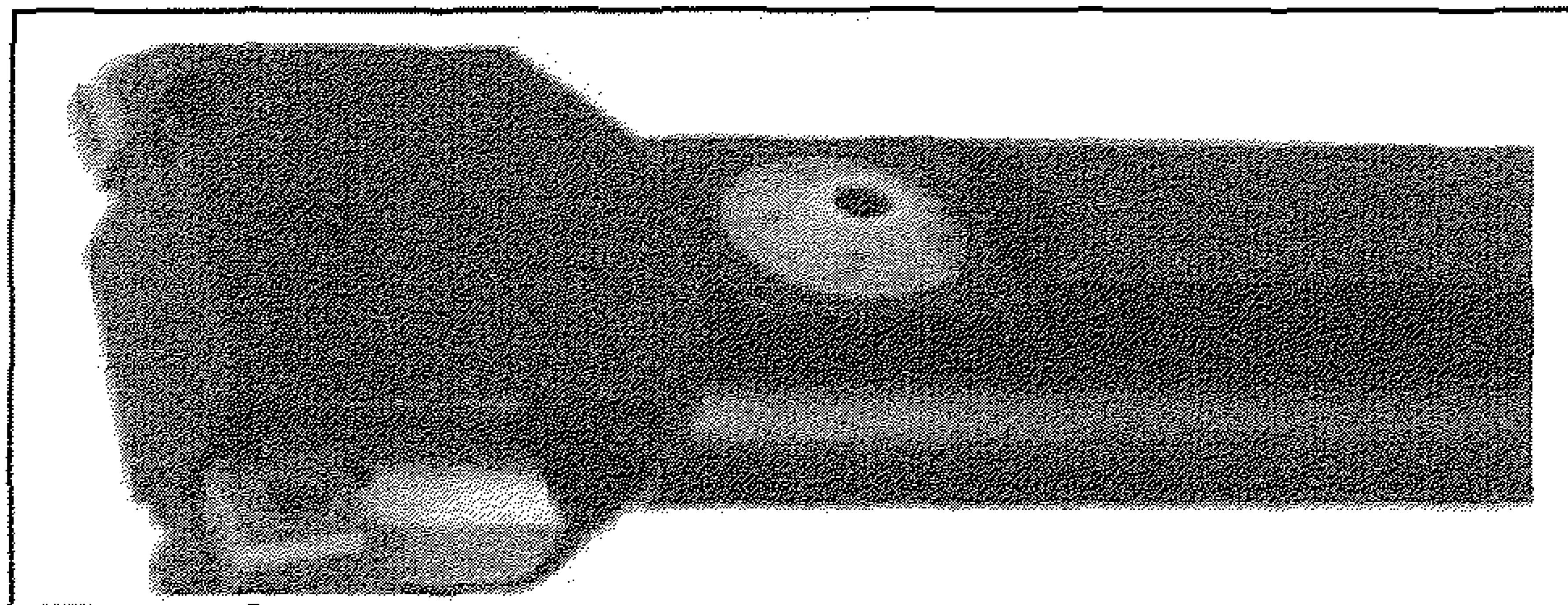
الشكل رقم (10- 8): رأس تثقيب قابل للضبط لعُدد التثقيب مفردة الاتصال

قضبان التثقيب ذات الكلفة الأعلى تزود مع لقم سهلة التعديل. هذه القضبان تصنع في أحجام قياسية، مع مدى ("¼-"½) على القطر. الضبط الدقيق متضمن في زيادات ("0.001) أو في بعض الحالات ("0.0001)، وهي قياسية فوق لحوالي("6) في القطر. قضيب التثقيب مع مُعدلات (*Adjustment*) موضح في الشكل رقم (10- 9).



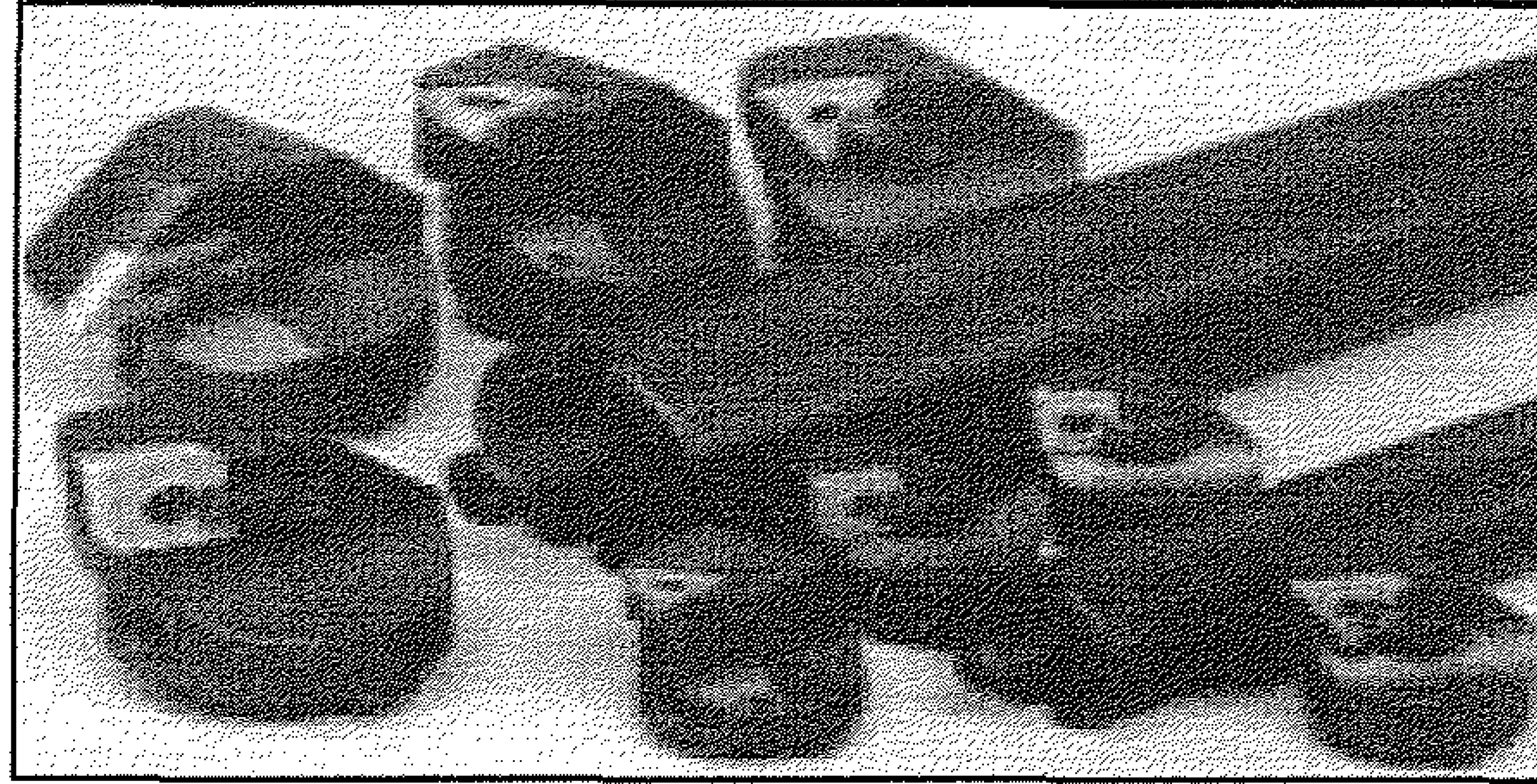
الشكل رقم (10- 9): قضيب تثقيب قابل للضبط مع ضبط دقيق

قضيب تثقيب قابل للضبط مع لُقمتين قابلة للتعديل موضح في الشكل رقم (10- 10).



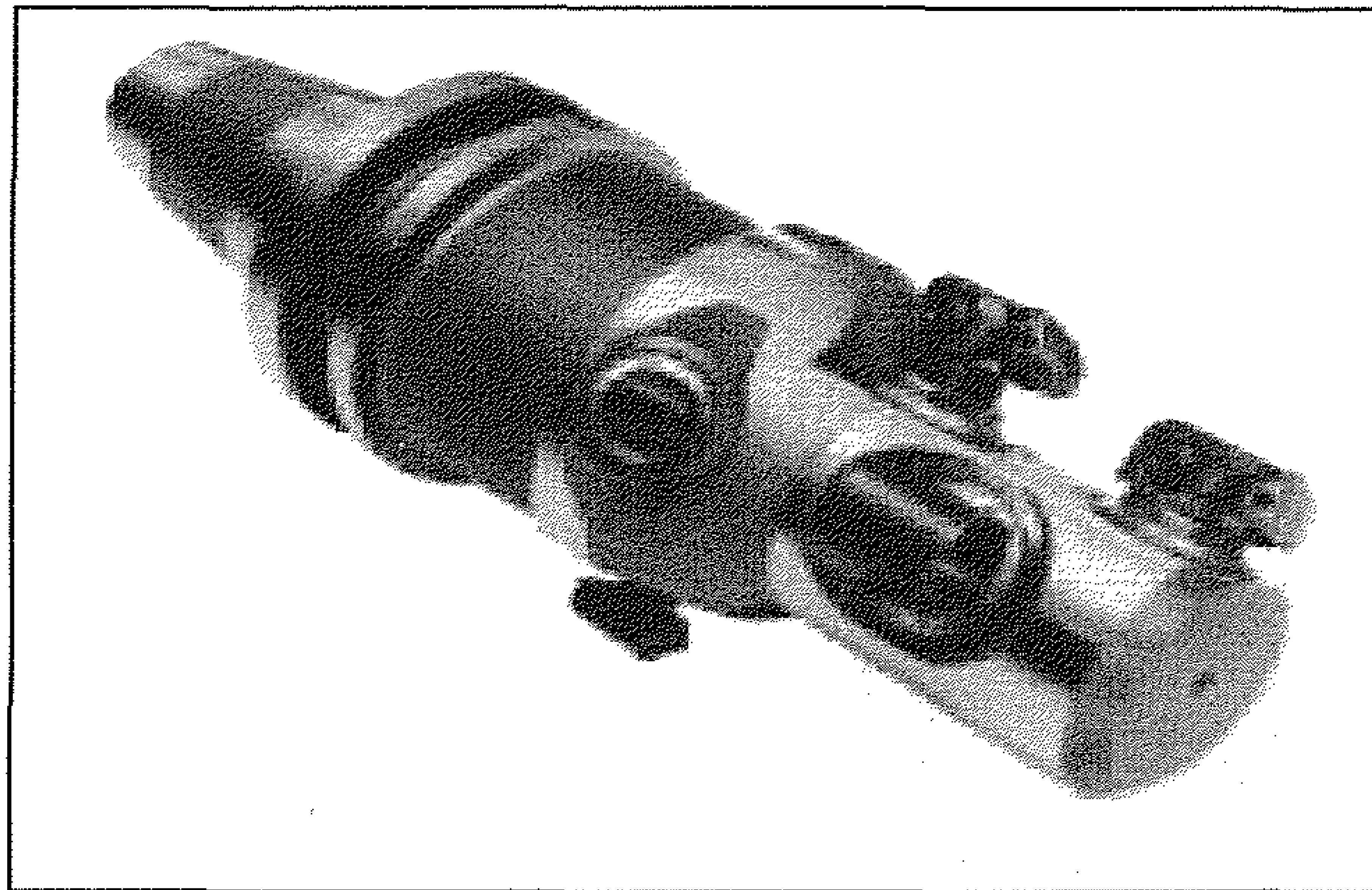
الشكل رقم (10- 10): قضيب تثقيب قابل للضبط مع لُقمتين مقسمتين

قضبان تثقيب قياسية مع رؤوس قابلة للتبادل لتسمح بعمليات داخلية متنوعة مثل الخراطة، التشكيل الجانبي، التحزيز، والتسنين موضحة في الشكل رقم (10- 11). في الكثير من الأوقات يمكن أن تكون اقتصادية لأجل قضبان خاصة مع قطرين أو أكثر تضبط مسبقاً. موضوعة عند مسافة مناسبة على حدة.



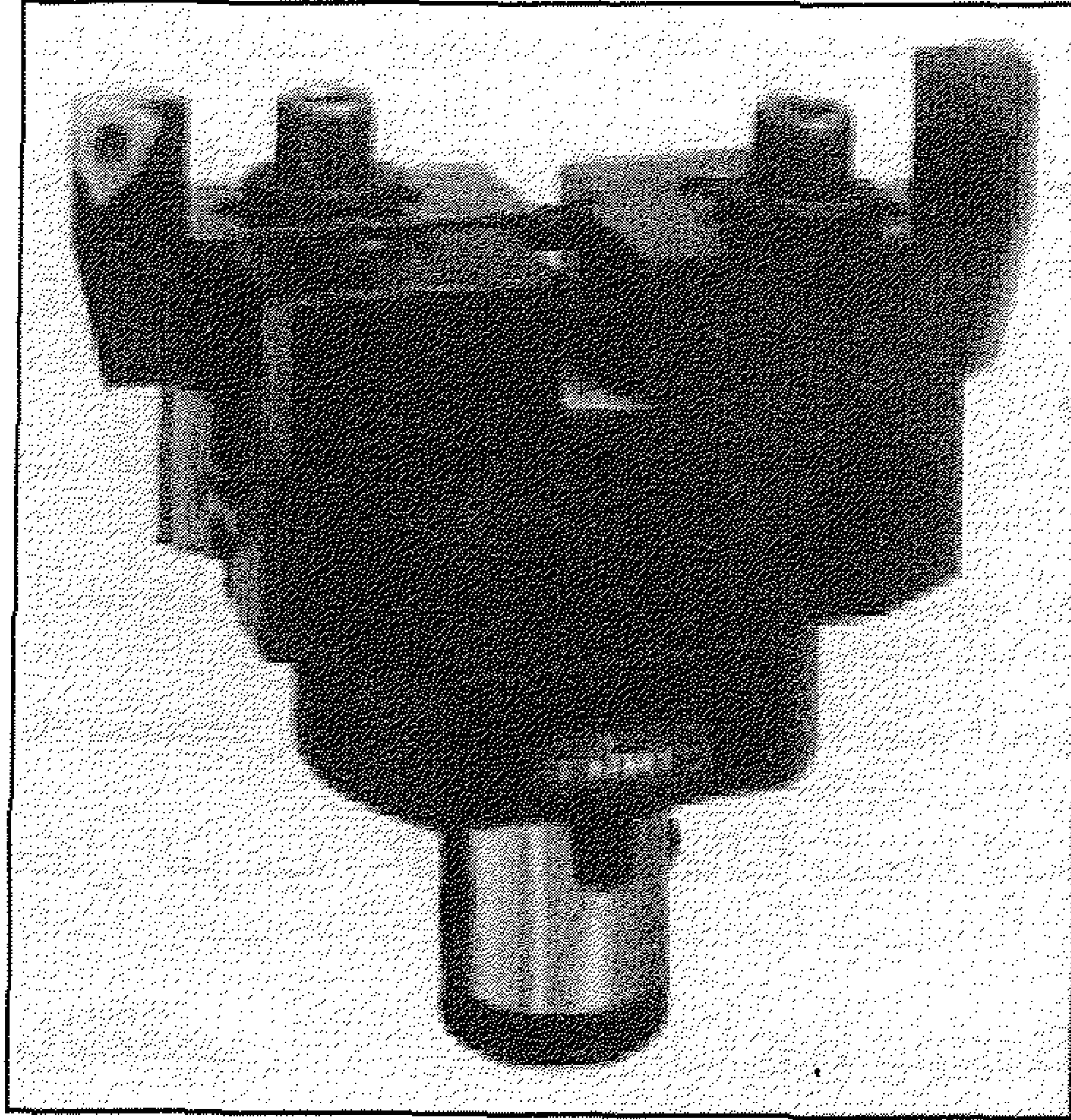
الشكل رقم (10- 11): قضبان تثقيب قياسية مع رؤوس قابلة للتبادل

هذه القضبان الخاصة تكلف أكثر وعموماً فقط عندما الإنتاج الكمي تجعلها تستخدم بإقتصادية. في بعض الأحيان، ربما تكون هذه الطريقة الوحيدة لمسك التفاوتات المطلوبة والمركزية. مثل هذا القضيب الخاص الموضح في الشكل رقم (10- 12).

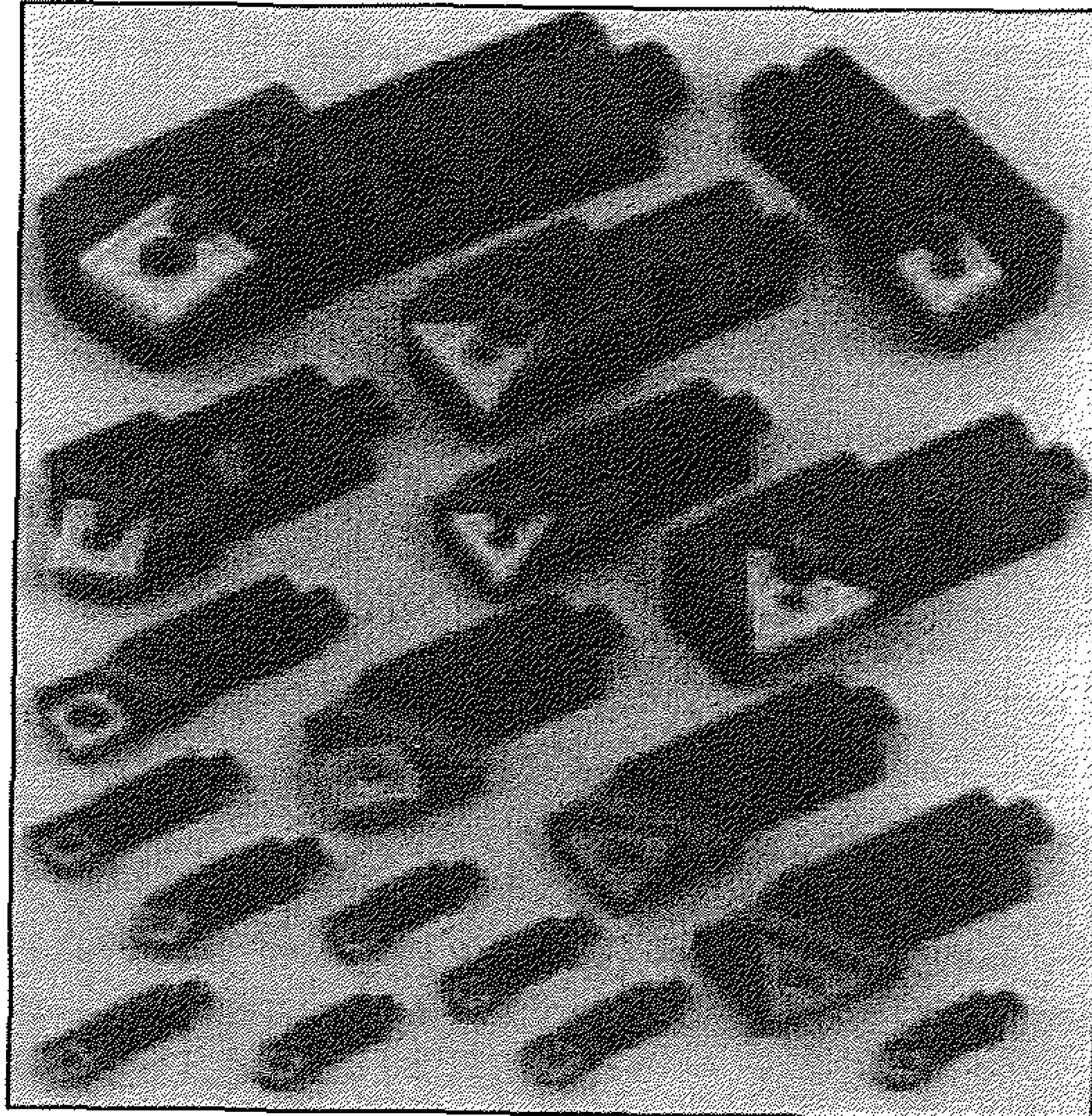


الشكل رقم (10- 12): قضيب تثقيب خاص متعدد العملية

قضبان التثقيب الخاصة الأُخرى، التي تسمى في بعض الأحيان رؤوس التثقيب، تصمم مع خراطيش قابلة للإستبدال. عُدة تثقيب قابلة للضبط مزدوجة القاطع موضحة في الشكل رقم (10- 13). خراطيش قابلة للإستبدال متنوعة لرؤوس التثقيب الخاصة موضحة في الشكل رقم (10- 14).



الشكل رقم (10- 13): عُدة تثقيب قابلة للضبط مزدوجة القاطع مع لقم مثلثية قابلة للتقسيم



الشكل رقم (10- 14): خراطيش قابلة للإستبدال متنوعة تستخدم في رؤوس التثقيب الخاصة

1.6.10 أنواع قضبان التثقيب (Boring Bars Types) .

تتوفر قضبان التثقيب بأنواع هي الفولاذ، الكاربيد الصلب، والفولاذ المقوى بالكاربيد. تزداد القدرة لمقاومة الإنحراف بزيادة معامل المرونة. بما إن معامل مرونة الكاربيد هو ثلاثة أضعاف معامل مرونة الفولاذ، لذلك تفضل قضبان الكاربيد للتدلي الواسع. مُحدد الكاربيد هو قدرته الفقيرة لمقاومة إجهادات الشد. في القضبان المقواة بالكاربيد تجهز أكمام الكاربيد (*Carbide Sleeves*) مسبقاً لمقاومة إجهادات الشد.

قضبان الكاربيد تُجهز بقنوات للتبريد الداخلي، الذي يفضل للخراطة الداخلية. مادة التبريد الداخلي المجهزة تزود بتبريد كفوء لحافة القطع، زائداً تكسير الرايش وتفريغه بشكل أفضل. بهذه الطريقة يتم الحصول على عُمر عُدة أطول ويتم تجنب المشاكل النوعية، التي تنشأ غالباً نتيجة لإنحشار الرايش .

2.6.10 إختيار قضيب التثقيب (Boring Bar Choice) .

عند التخطيط للإنتاج، فأنه من الأهمية البالغة تقليل قوى القطع وخلق الظروف التي عندها يتم إنجاز أكبر إستقرارية ممكنة بحيث العُدة يمكن أن تقاوم الإجهادات التي تنشأ دائماً. طول وقطر قضيب التثقيب سوف يكون ذو أهمية كبيرة لإستقرارية العُدة. بما إن هيئة الشُغلة هو عامل حاسم عند إختيار أدنى تدلي وأعظم قُصر عُدة الذي يمكن أن يستخدم، فأنه من المهم إختيار عُدة، تثبيت العُدة، وبيانات القطع التي تخفض قوى القطع أكبر ما يمكن والتي تنشأ أثناء العملية. التوصيات التالية يجب أن يتم إتباعها لكي يتم الحصول على أفضل إستقرارية ممكنة :

1- إختيار أوسع قطر قضيب ممكن، لكن في نفس الوقت التأكد بأن هنالك مكان كافي لإفراغ الرايش .

2- إختيار أصغر تدلي ممكن لكن في نفس الوقت التأكد بأن طول القضيب يسمح بالحصول على أطوال التثبيت الموصى بها .

3- يجب أن تستعمل زاوية مقدمة مقدارها (0°). زاوية المقدمة يجب أن تكون أكثر من (15°) تحت إنعدام الظروف .

4- اللُقم القابلة للتقسيم يجب أن تكون موجبة الجرف والتي تنتج قوى قطع منخفضة .

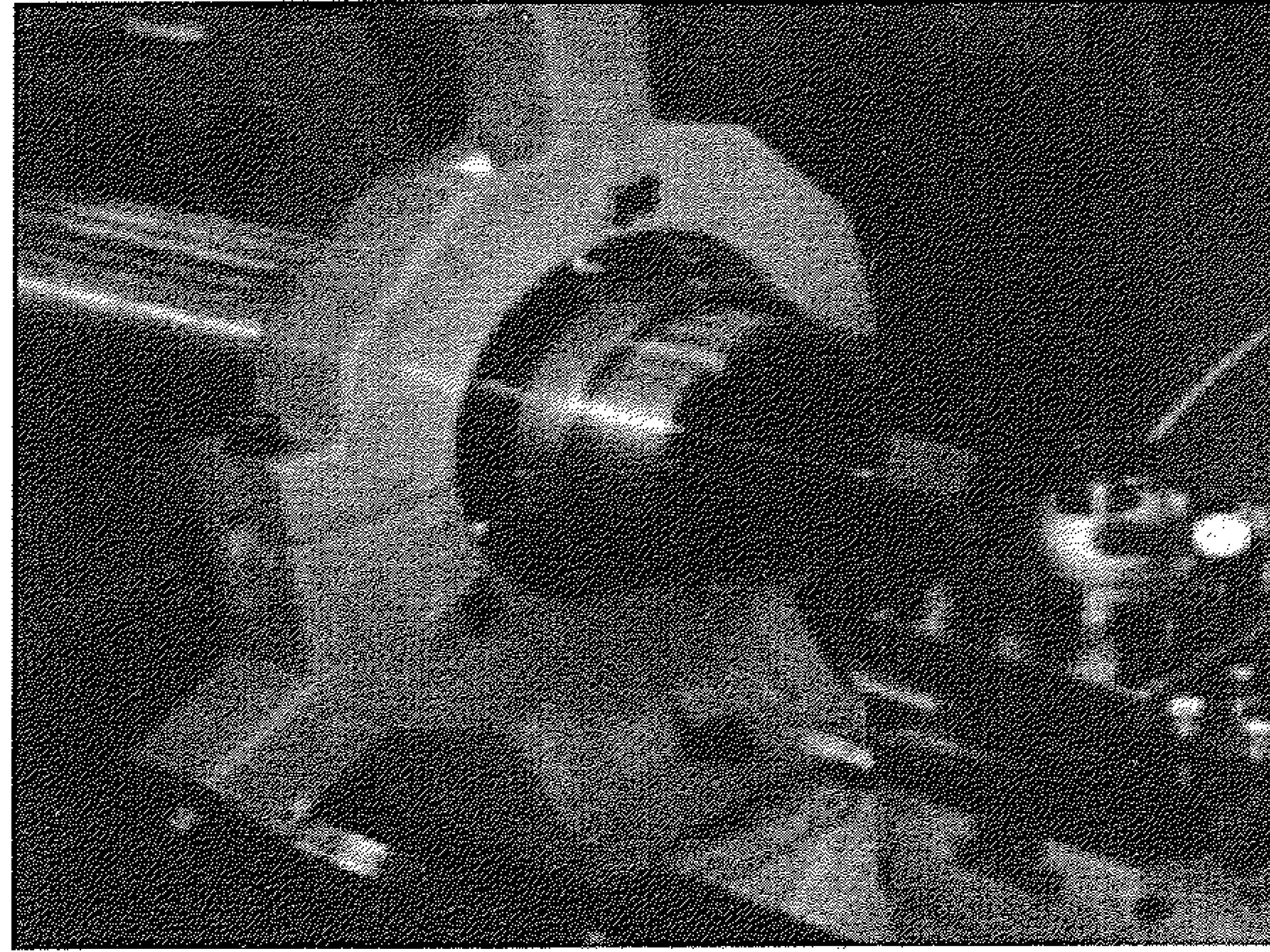
5- إختيار نصف قطر مقدمة يكون أصغر من عمق القطع .

6- صنف الكاربيد (المرتبة) يجب أن يكون أمتن مما هو موجود في الخراطة الخارجية لكي يقاوم الإجهادات التي تتعرض لها اللُقمة عندما ينحشر الرايش ويحدث الإهتزاز .

تصمم قضبان التثقيب الحديثة لتأخذ بالحسبان المطالب التي يجب تطبيقها بسبب كون العملية تنجز داخلياً وأبعاد العُدة مُحددة بواسطة عمق الثقب وقطره. من هندسية الجرف الموجبة للُقمة يتم الحصول على أقل تشوه للمادة وقوى قطع منخفضة. يجب أن تقدم العُدة إستقرارية جيدة لمقاومة القطع التي تنشأ وكذلك لإختزال الإنحراف والإهتزاز أكبر ما يمكن. نتيجة لمتطلبات المكان، السيطرة على الرايش وسهولة الوصول أليه كذلك هي خواص ذات أهمية كبيرة عما هو موجود في الخراطة الخارجية.

7.10 ماكنات التثقيب (Boring Machines) .

يمكن أن تنجز عمليات التثقيب على غير ماكنات التثقيب مثل المخارط، ماكنات التفريز، والتشغيل بين المراكز. الشكل رقم (10- 15) يوضح عملية تثقيب نموذجية منجزة على مخرطة. ماكنات التثقيب مثل معظم ماكنات العُدد الأخرى يمكن أن تصنف إلى ماكنات أفقية أو ماكنات عمودية.



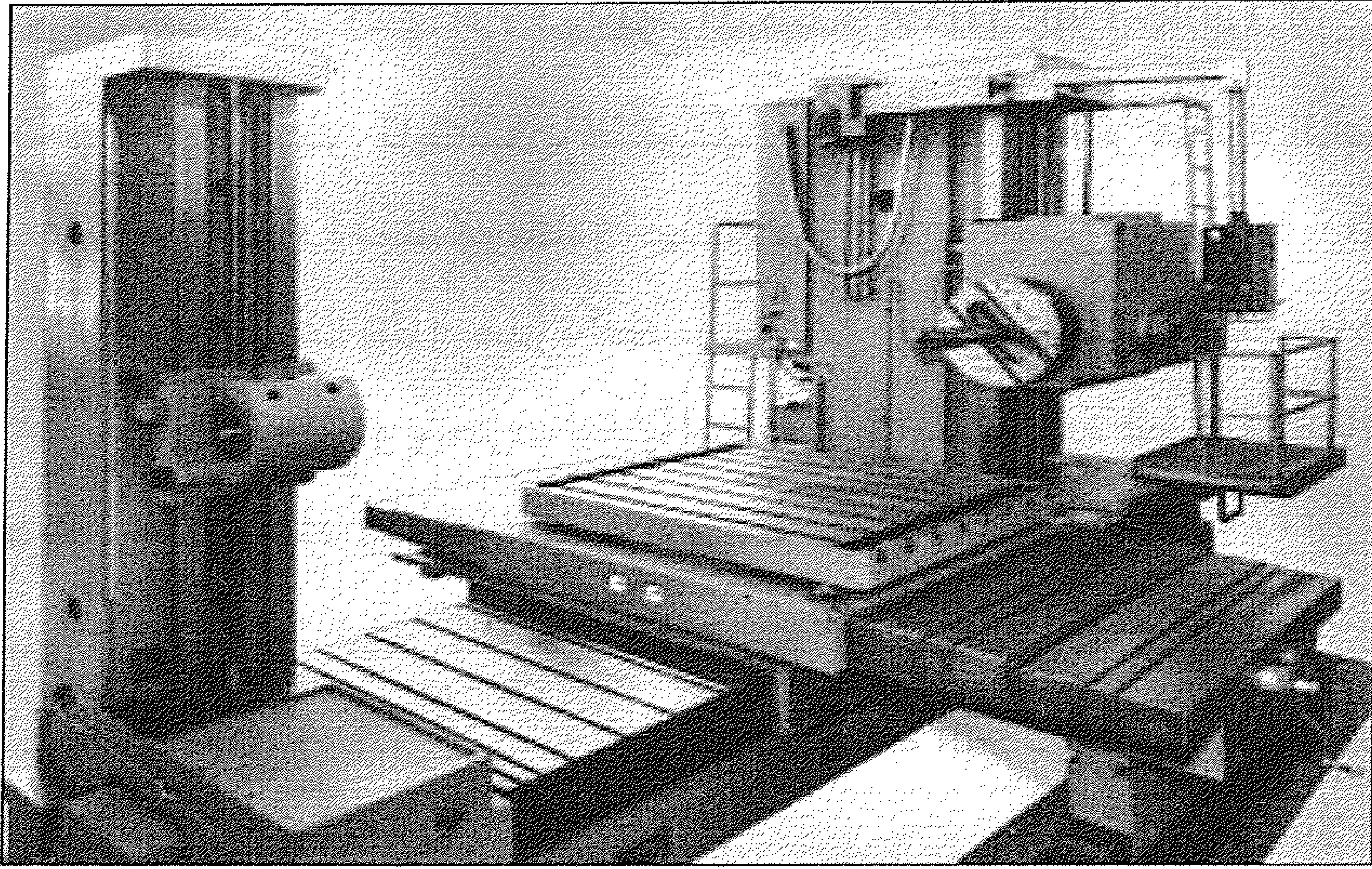
الشكل رقم (10- 15): عملية تثقيب نموذجية منجزة على مخرطة

1.7.10 ماكنات التثقيب الأفقية (Horizontal Boring Machines HBM) .

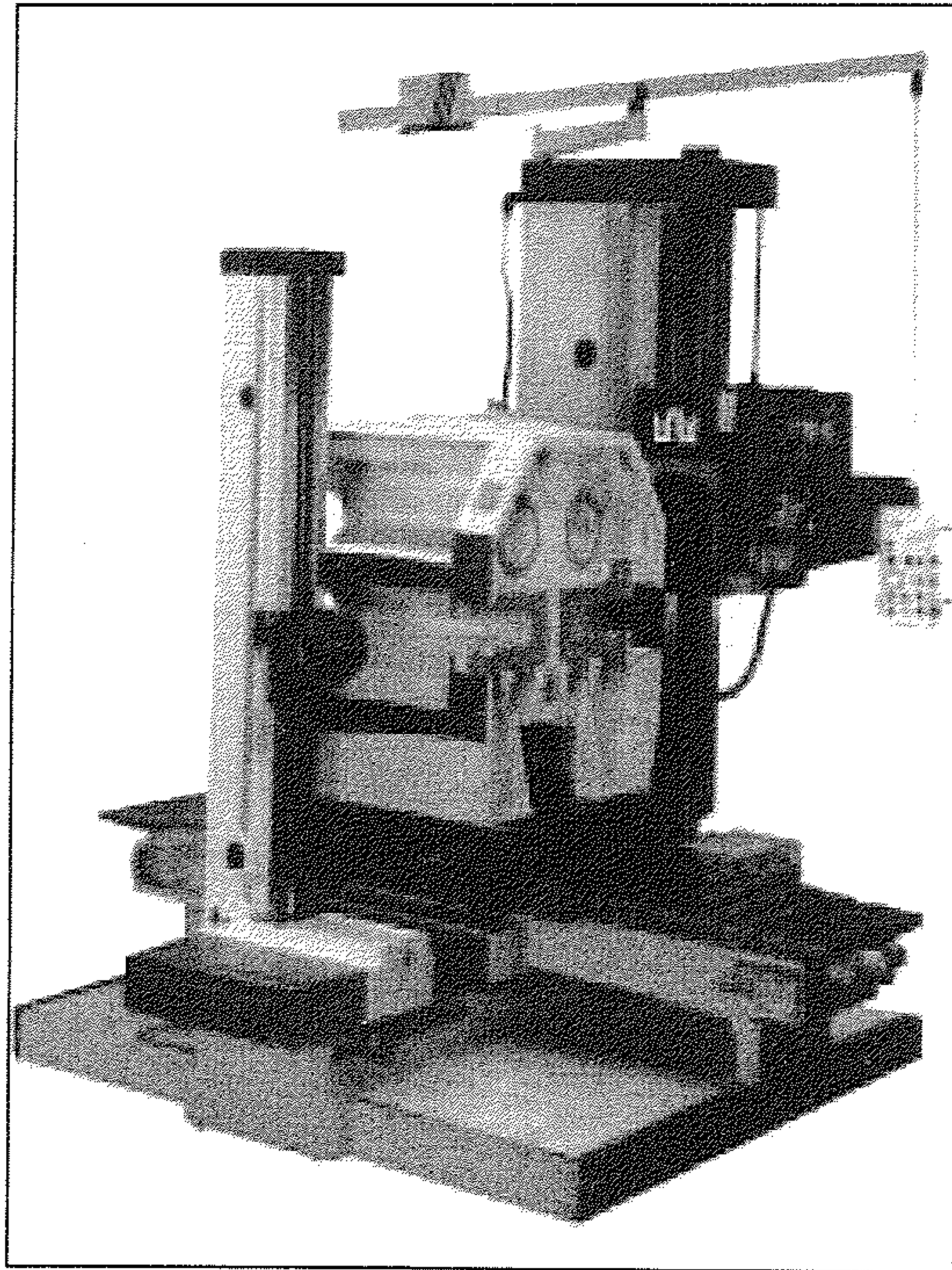
ماكنـات التثقيـب الأفقيـة تصـنع لمعالجـة الأجـزاء متوسـطة الحجـم إلى الكبيرة جداً، لكن هذه الأجزاء عادة تكون إلى حد ما مستطيلة في شكلها، على الرغم من إنها ربما تكون غير متناظرة. عُدد القطع المتوفرة تُحدد فقط حجم القطع، جساءة عمود الدوران، والقدرة الحصانية المتوفرة. هنالك نوعان من ماكنات التثقيب الأفقية هي :

1.1.7.10 ماكنات التثقيب الأفقية نوع- المنضدة (Table-Type HBM) .

نوع المنضدة موضح في الشكل رقم (10- 16) وهي مبنية على نفس المبادئ مثل ماكنات التفريز أفقية عمود الدوران. تربط القاعدة والعمود سوية، والعمود لا يتحرك. المناضد عبارة عن مسبوكات ثقيلة مضلعة التي يمكن أن تثبت أحمال فوق (20000*Ib*) . الشكل رقم (10- 17) يوضح جزء واسع قيد التشغيل على ماكنات التثقيب نوع المنضدة.



الشكل رقم (10- 16): ماكنة تثقيب أفقية نوع المنضدة

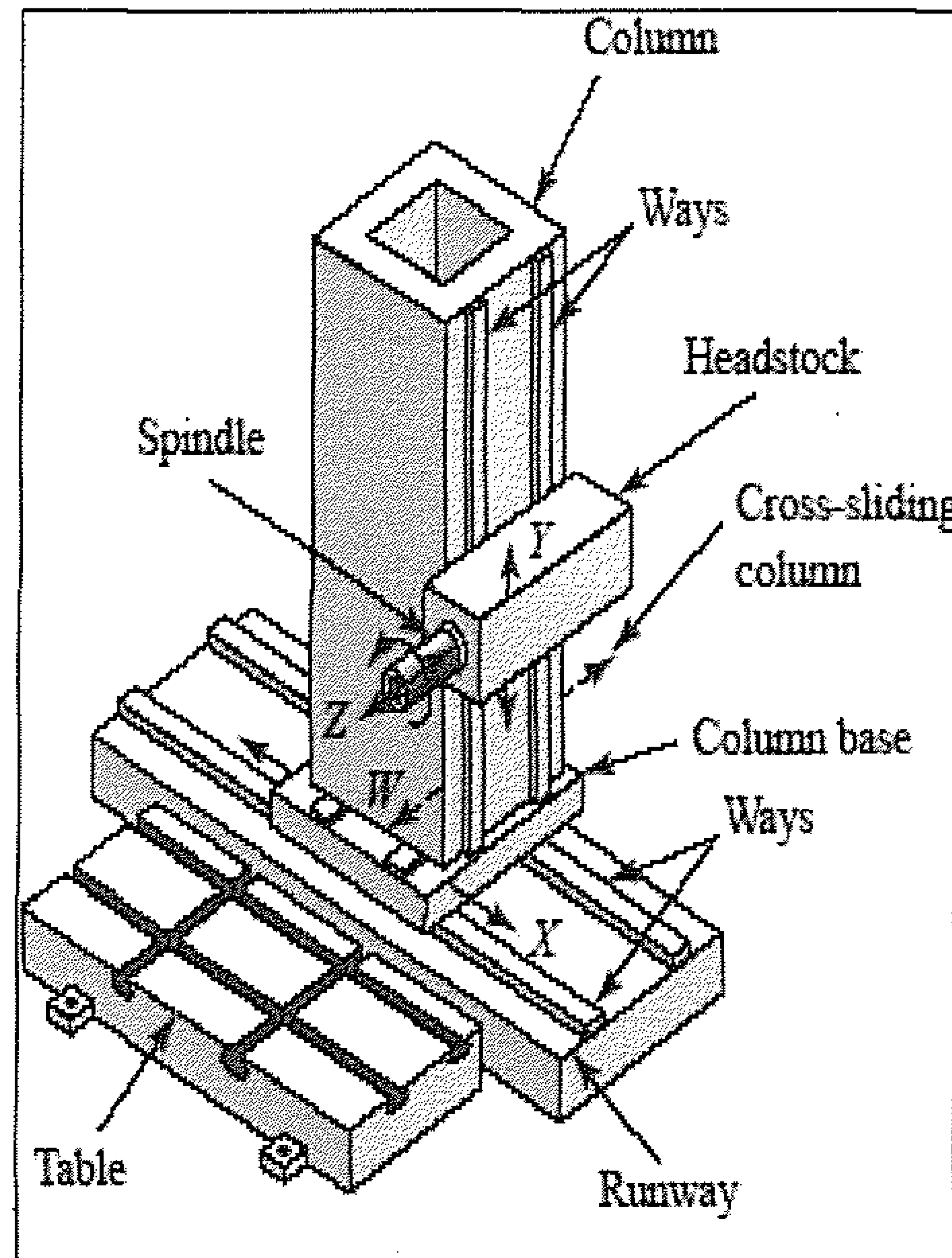


الشكل رقم (10- 17): جزء كبير قيد التشغيل على ماكنة تثقيب أفقية نوع- المنضدة

1 . حجم ماكنات التثقيب الأفقية نوع المنضدة(Size of Table-Type HBM).

الحجم الأساسي لماكنات التثقيب الأفقية هو قطر عمود الدوران. الماكنات نوع المنضدة تمتلك عادة أعمدة دوران ذات قطر من ("3- "6). إن الأحجام الواسعة سوف تنقل قدرة أكبر، وعلى حد سواء في الأهمية، عمود الدوران سوف لن يرتخي أو ينحرف كثيراً عندما يستخدم عُدة قطع عنيفة بينما هي تتقدم. الحجم مُحدد بشكل كبير بواسطة حجم المنضدة.

على الرغم من أن كل ماكنة تمتلك حجم منضدة قياسي، فربما تكون هنالك حاجة لأحجام خاصة. الأجزاء الأساسية لماكنة التثقيب الأفقية موضحة في الشكل رقم (10- 18).

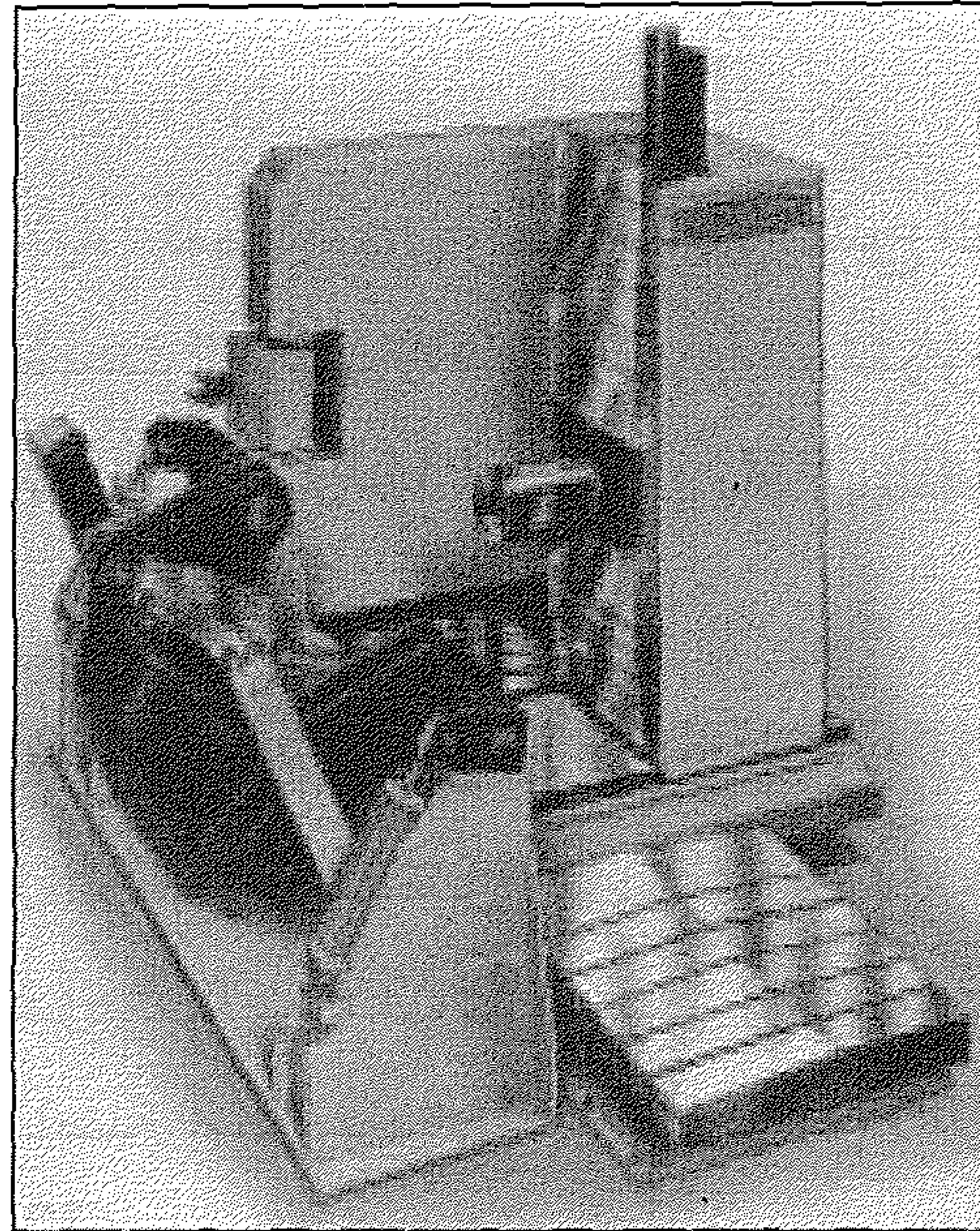


الشكل رقم (10- 18): الأجزاء الأساسية لماكنة التثقيب الأفقية نوع - الأرضية

2- تثبيت الشُغلة (Work Holding).

يتم تثبيت الشُغلة بواسطة القامطات (*Clamps*)، البراغي، أو المثبتات(*Fixtures*) والتي هي نفسها المستخدمة مع بقية الماكنات. تسمح المناضد

الدوارة بتشغيل كل الوجوه الأربعة للجزء المستطيل أو قطوعات زاوية متنوعة على أي شكل للجزء. المناضد الدوارة فوق ("72) المربعة أو المدورة تستخدم للشُغلات الكبيرة. إذا كانت الشُغلة كبيرة، وإلى حد ما مسطحة ويراد تشغيلها، فيتم إستخدام لوح زاوي (*Angle Plate*). يتم تثبيت الشُغلة بالبراغي أو القامطات على اللوح الزاوي بحيث يكون السطح "المسطح" بإتجاه عمود الدوران. الشكل رقم (10- 19) يوضح تشغيل بين المراكز بأسلوب التمساح بخمسة محاور. يمكن أن تثبت الأجزاء بالقامطات إلى المنضدة ويتم تحديد الموقع رقمياً (*NC* أو *CNC*) لإنجاز عملية التثقيب.



الشكل رقم (10- 19): ماكنة تشغيل بين المراكز بأسلوب التمساح ذات خمسة محاور

3- عُدة القطع (Cutting Tools).

تُمسك عُدد القطع في عمود دوران دوار بواسطة ثقب مستدق وعمود سحب. لسرعة فوق عملية تغير العُدة، فأن أحد الأمرين التاليين ينفذ أو كلاهما :

1- عمود السحب (الذي يسحب الماسك للعُدة المستدق حتى يُشد داخل ثقب عمود الدوران) يمكن أن يشغل آلياً. لهذا الماسك يسحب حتى يُشد أو يُقذف بسرعة جداً .

2- يستخدم تثبيت العُدد السريع .

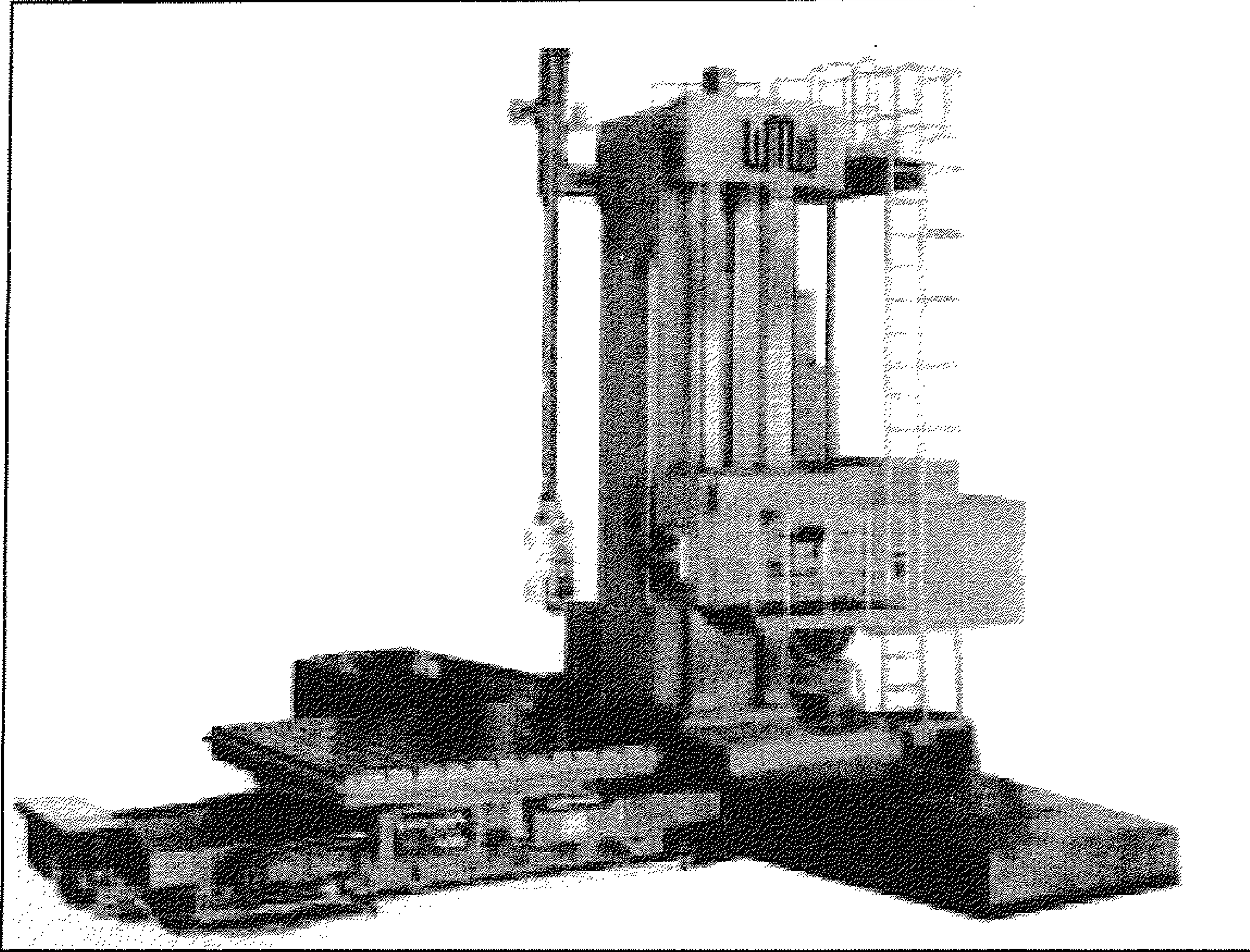
يثبت الماسك الأساسي في عمود الدوران الذي يمتلك إستدقاق الذي فيه تمسك العُدد بواسطة ربع أو نصف طوق الأقفال. لهذا يستطيع المُشغل أن يغير العُدد المنصوبة مسبقاً في غضون (10- 30) ثانية. ماسكات العُدة وماسكات العُدة سريعة التغير في الخصوص سوف تناقش في فصول التفريز.

4- **السرعات والتغذيات** (Speeds and Feeds).

السرعات والتغذيات تغطي مدى واسع بسبب التنوع الواسع للقواطع التي ربما تستخدم على ماكنات التثقيب الأفقية. السرعات تتراوح بين (15 *rpm*- 1500 *rpm*) ومعدلات التغذية من (0.1 *IPM* - 40 *IPM*) والتي هي شائعة الإستخدام .

2.1.7.10 ماكنات التثقيب الأفقية أرضية النوع (Floor – Type) .

يستخدم النوع الأرضي (الشكل رقم (10- 18)) خصوصاً للشُغلات الطويلة أو الضخمة. مَدرج ("72) أنج قياسي يمكن أن يعمل على الأغلب أي طول مطلوب للأعمال الخاصة. اليوم تُستخدم الأطوال إلى (20*ft*). إرتفاع العمود يكون عادة ("60- "72)، ويمكن أن يكون أكثر من ذلك بمرتين أو أكثر إذا تطلب العمل ذلك. الشكل رقم (10- 20) يوضح ماكنة تثقيب أفقية أرضية النوع. وفيما يلي وصف لمكونات هذا النوع من الماكنات :



الشكل رقم (10- 20): ماكنة تثقيب أفقية كبيرة أرضية النوع

1- **منضدة ماكنة التثقيب** (HBM Table).

المنضدة مفصولة عن ماكنة التثقيب لذلك فأنها مثبتة للأرضية. ويمكن أن تثبت ببراغي إلى المدرج (*Runway*). كامل العمود وقاعدة العمود يتحركان لليسار واليمين (المحور- x) على طول سكك خاصة على المدرج (الشكل رقم (10- 18)). يجب أن يُرصف المدرج بعناية ويسوى عندما ينصب لأول مرة وبعدها يفحص بفترات حالما يتم إستخدام الماكنة.

2- **الغراب الثابت** (HBM Head Stock).

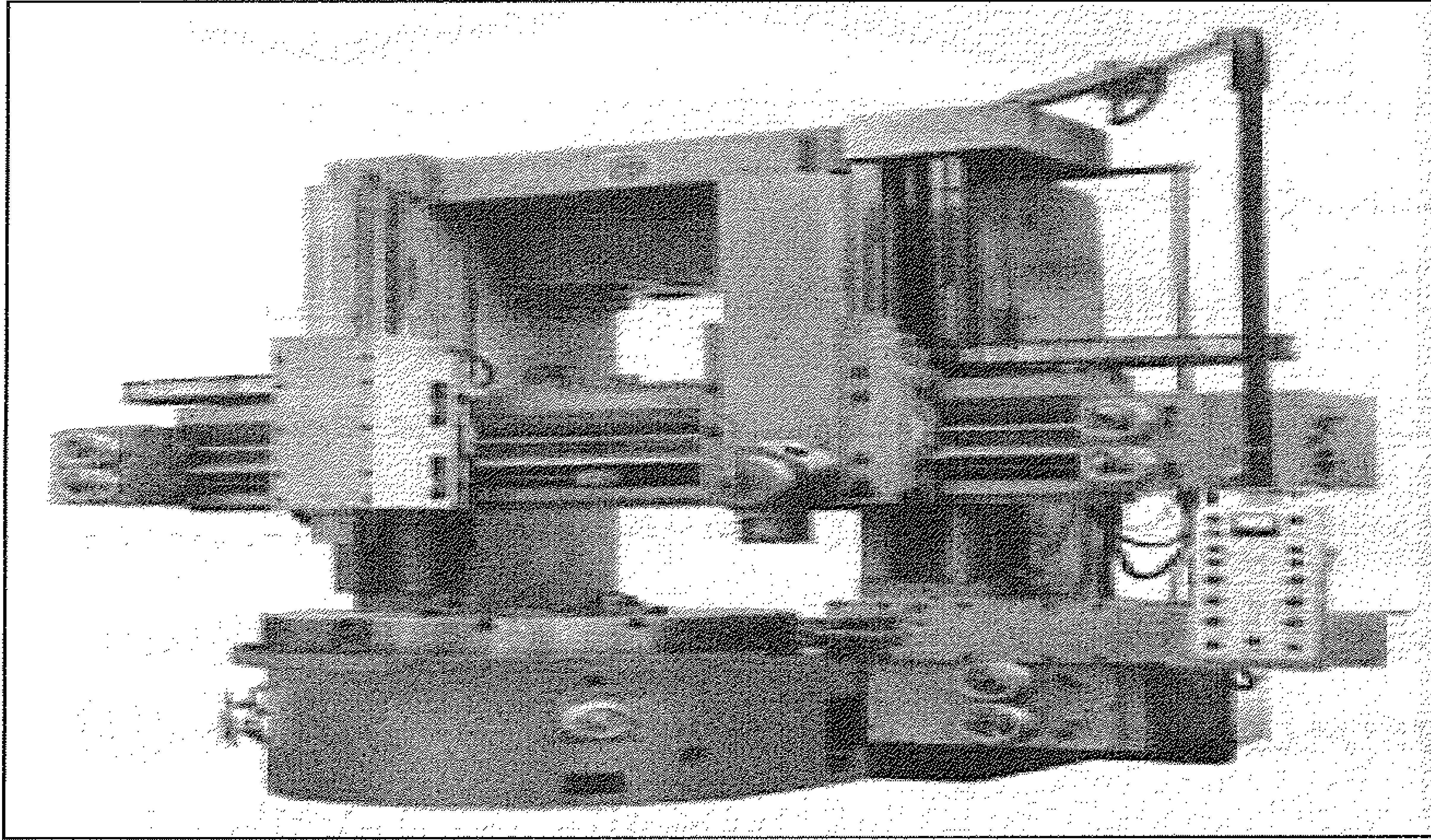
يمكن أن يتحرك الغراب الثابت بدقة أعلى وأسفل العمود (المحور- y). يدور عمود الدوران ذي القطر ("6- "10) لينفذ التشغيل، ويمكن أن يتحرك للداخل والخارج (المحور z) لفوق ("48) لقطع التثقيب، الثقب، وضع عمق قطوعات التفريز وغيرها. كما في نوع المنضدة فأن قطر عمود الدوران وحجم المنضدة يُحددان حجم الماكنة.

3- عُدد القطع (Cutting Tools).

عُدد القطع هي مشابهة لتلك على ماكنة المنضدة. تثبيت الشُغلة هو كذلك نفسه، والألواح الزاوية تستخدم كثيراً.

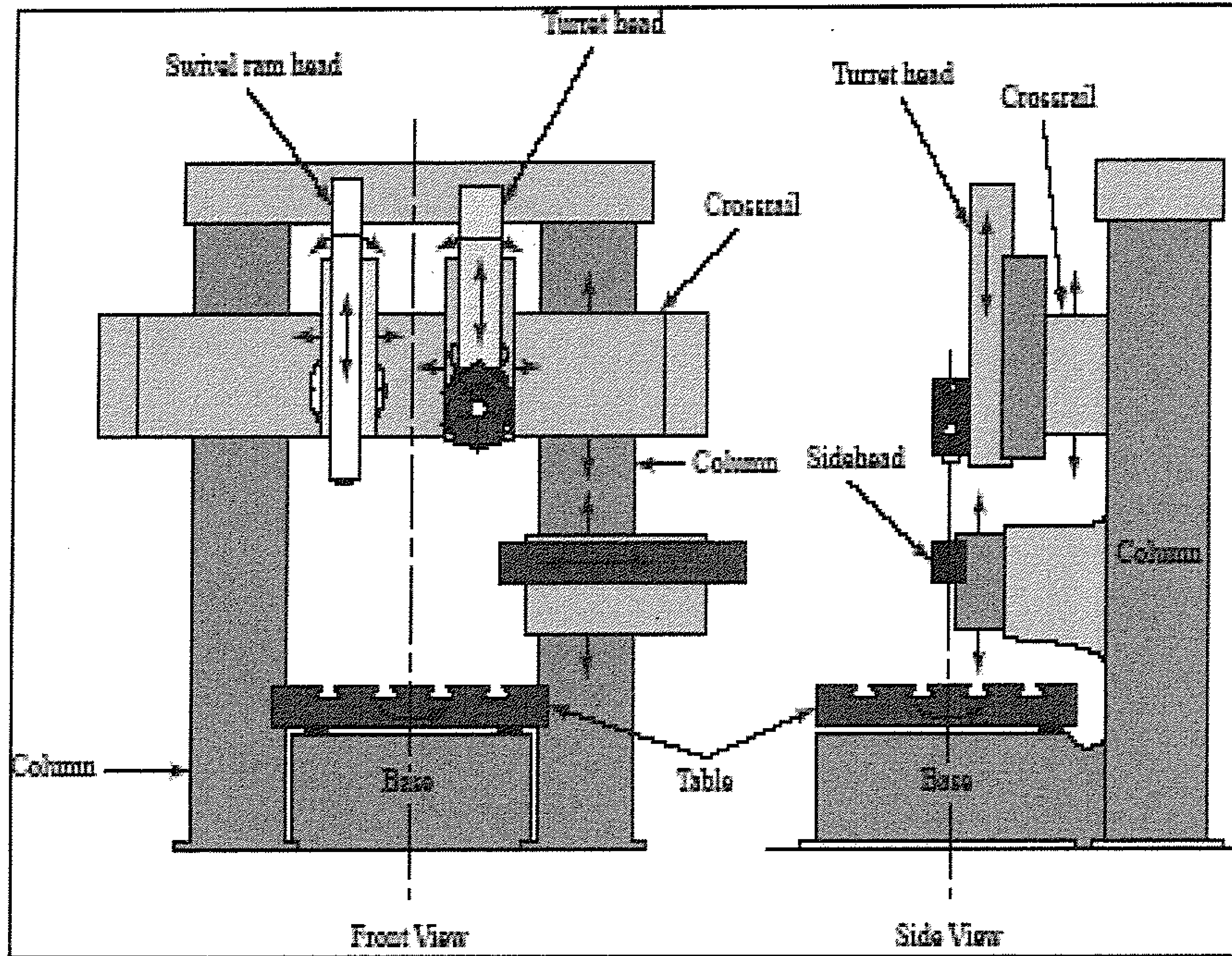
2.7.10 ماكنات التثقيب العمودية (Vertical Boring Machines VBM)

إن الوصف العام لماكنة التثقيب العمودية هو أنها مخرطة تدور على نهايتها مع غراب ثابت مستند على الأرض. هذه الماكنة تكمن الحاجة لها لمعاملة الشُغلات ذات القطر الأكبر من (″24) والتي حتى المخارط الواسعة المحرك لا تستطيع معاملتها. ماكنة تثقيب عمودية موضحة في الشكل رقم (10- 21).



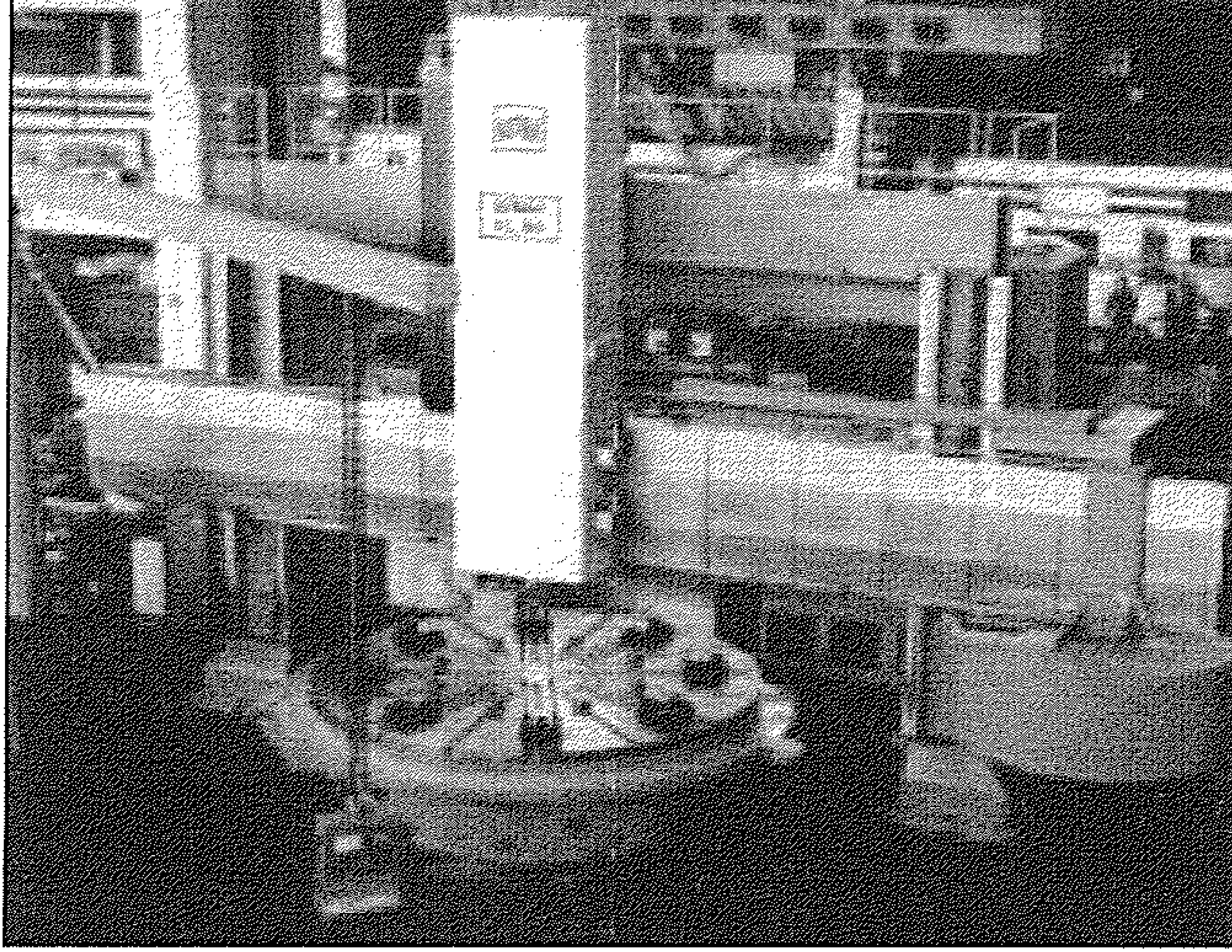
الشكل رقم (10- 21): ماكنة تثقيب عمودية (VBM)

ماكنات التثقيب العمودية تدرج كماكنات خراطة وتثقيب. إذا تم إضافة التسوية لهذه التسمية، فأن الوصف العام لهذه الماكنة لإستخدامها الأساسي سوف يكتمل. وتماماً مثل أي مخرطة، فأن هذه الماكنات يمكن أن تصنع القطوعات المدورة فقط زائداً التسوية والقطوعات الكنتورية. الشكل رقم (10- 22) يوضح التركيب العام والحركات المتوفرة على ماكنة التثقيب العمودية.



الشكل رقم (10- 22): التركيب العام، المركبات والحركات لماكنات التثقيب العمودية

التركيب هو نفسه كما في المقشطة العربة مزدوجة المُبيت (*Planner Double-Housing*)، ماعدا إن المنضدة المستديرة تحل محل المنضدة الترددية الطويلة، وماسكات العُدة تختلف لأن ماكنة التثقيب العمودية لا تحتاج إلى صندوق تثبيت القاطع (*Clapper Box*). حجم ماكنة التثقيب العمودية يتحدد بقطر منضدة العمل الدوارة. ماكنات التشغيل العمودية مزدوجة المُبيت غالباً تُصنع مع أقطار منضدة تتراوح بين ("48- "144). وتصنع الماكنات الأكبر للأغراض الخاصة. ماكنة التثقيب عمودية كبيرة إلى حد ما موضحة في الشكل رقم (10- 23).



الشكل رقم (10- 23): ماكنة تثقيب عمودية كبيرة

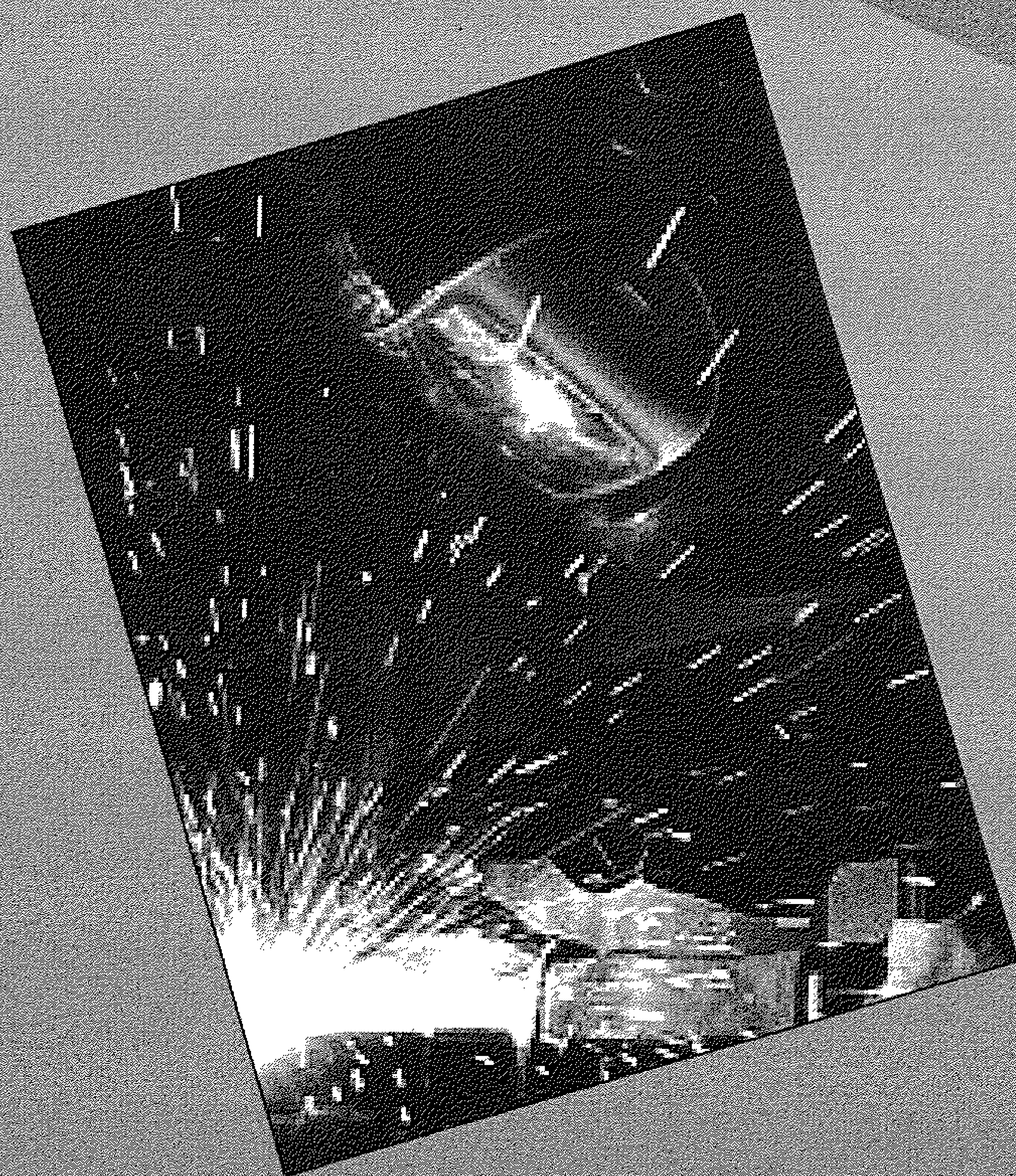
3.7.10 المَثاقب ذات دليل التشغيل (Jig Borers) .

مثاقب دليل التشغيل هي ماكنات تثقيب عمودية مع محامل عالية الدقة. تتوفر هذه المثاقب بأحجام متنوعة وتستخدم بالدرجة الأولى في الورش لتشغيل المثبتات (*Fixtures*) والدلائل. إن الماكنات الأكثر تفاصيل وذات التحكم الرقمي حلت محل الكثير من المثاقب ذات دليل التشغيل.

الفصل الحادي عشر

البَرغلة واللولبة الداخلية

Reaming and Tapping



11

الفصل الحادي عشر

البَرغلة واللولبة الداخلية

Reaming and Tapping

1.11 المقدمة (Introduction) .

إن المثاقب الإلتوائية لا تصنع الثقوب ذات المقاس المضبوط والإنهاء الجيد لذلك يستخدم غالباً البرغل (*Reamer*) لقطع المقاس النهائي والإنهاء. إن البرغل لا يصنع الثقب الإبتدائي وإنما هو فقط يوسع الثقب المثقوب مسبقاً أو المُخلق. إن البراغل تقطع ضمن حدود مقاس عُدة ("+0.0005) وتعطي إنهاء لحد (32 μm) (u *in*). تصنع البراغل عادة من فولاذ السرعات العالية على الرغم من إن براغل الكاربيد الصلد والكاربيد المُلقم تصنع في مقاسات وأشكال متعددة. تصنع براغل التظريف العادية في مقاسات عَدَد وحَرف، ومقاسات كسور الإنج ومقاسات في المليمتر. كذلك يمكن أن يتم شراؤها مجلخة لأي قطر مرغوب به.

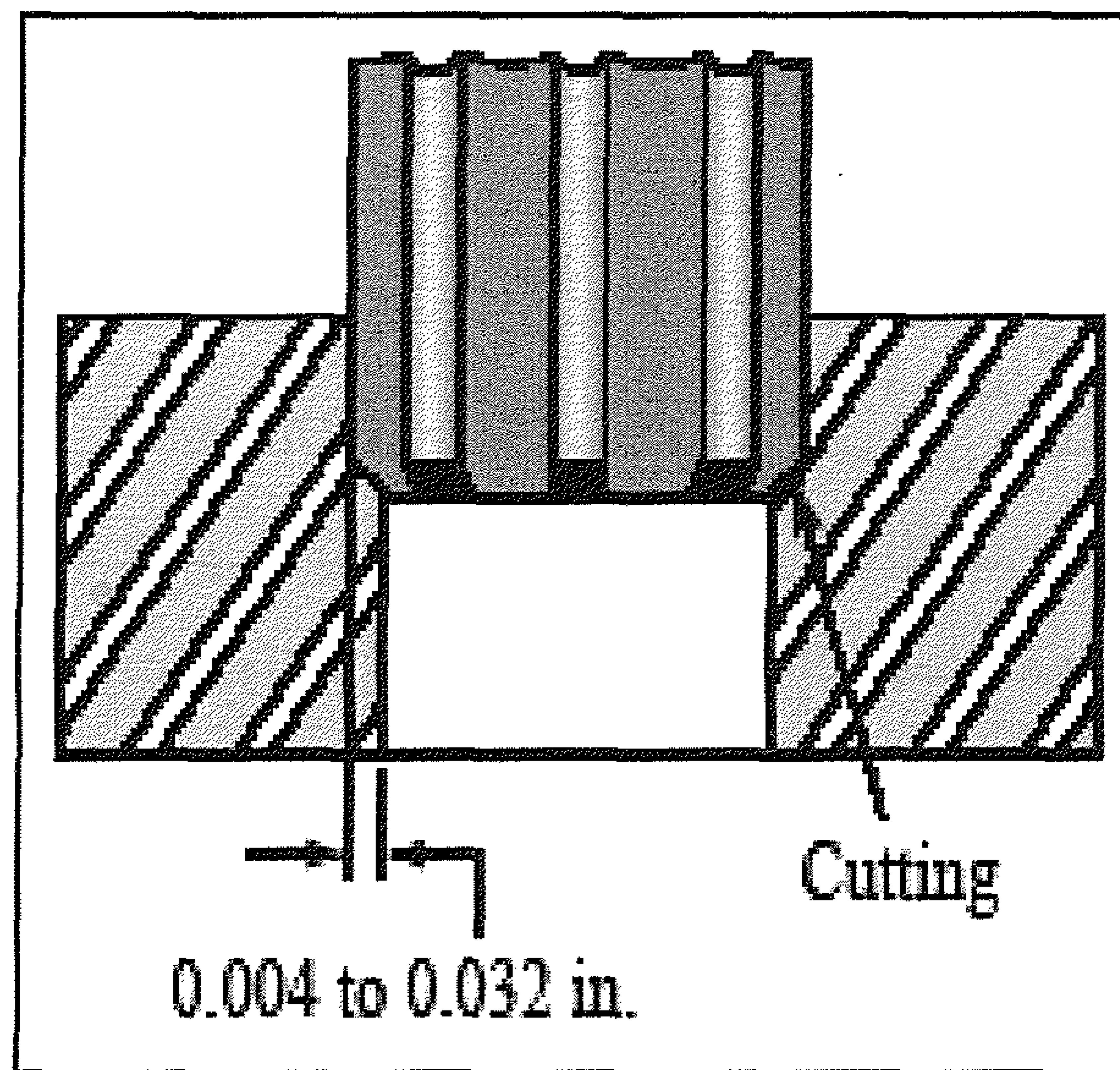
أسنان اللولب (*Screw Threads*) تستخدم لأغراض وتطبيقات متنوعة في صناعة عدة الماكنة حيث تستخدم لمسك أو ربط الأجزاء سوية (اللوالب، البراغي، والصامولات)، ولنقل الحركة (عمود السحب المحرك للعربة على ماكنة المخرطة). كذلك تستخدم أسنان اللولب للسيطرة أو للتزويد بدقة إزاحة (عمود الدوران على المايكروميتر)، وتزود بميزة ميكانيكية (لولب المرفاع يرفع الأحمال الثقيلة).

إن أحد التعريفات المفضلة عندما يُعرف سن اللولب والتي يجب أخذها بنظر الإعتبار هي للسن الخارجي (لولب أو برغي) والسن الداخلي (الصامولة). حيث يُعرف السن الخارجي على إنه قطعة إسطوانية للمادة التي تمتلك حز حلزوني منتظم يُقطع أو يُشكل حولها. أما السن الداخلي فيُعرف كقطعة مادة تمتلك حز

حلزوني حول ثقب إسطواني داخلي. هذا الفصل سوف يناقش الأسنان الداخلية واللولبة الداخلية والتي هي العملية التي تنتج هكذا أسنان.

2.11 البَرغلة (Reaming) .

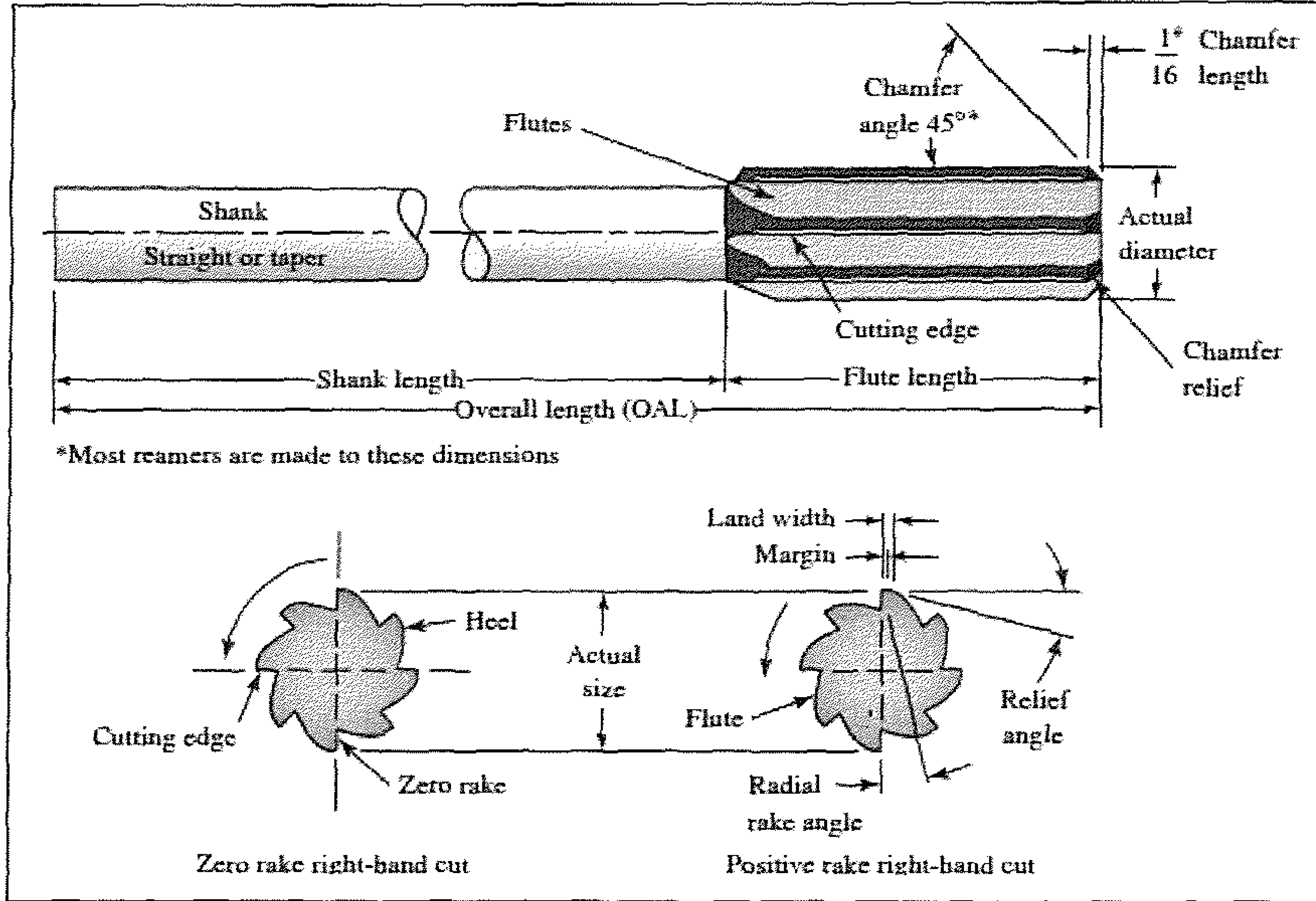
تُعرف البَرغلة على إنها عملية التشغيل التي تستخدم عُدة قطع مُحددة ذات حافات متعددة (*Multi-Edged Fluted*) لتنعيم الثقوب أو توسيعها أو ضبط مقاس الموجود. يتم عمل البَرغلة بإستخدام نفس أنواع ماكنات الثقب. البَرغل (*Reamer*) هو عُدة قطع دوارة مع عنصر قطع واحد أو أكثر تستخدم لتوسيع حجم الثقب وتعديل الشكل المنحرف للثقب السابق التشكيل. إن مبدأ إسناد البَرغل أثناء فعل القطع يتم الحصول عليه من الشُغلة. عملية بَرغلة نموذجية موضحة في الشكل رقم (11- 1).



الشكل رقم (11- 1): عملية بَرغلة نموذجية تزيل ("0.004 - "0.032) من الخام

1.2.11 مصطلحات البَراغل (Reamer Nomenclature).

إن التركيب الأساسي للبَرغل والمصطلحات الخاصة به موضحة في الشكل رقم (11- 2)، وهو يوضح النموذج الأكثر تكراراً في الإستخدام للثقوب فوق واحد إنج. ويسمى بَرغل التظريف (*Chucking Reamer*).



الشكل رقم (11- 2): مصطلحات وتركيب بَرغل تشغيل مُخدد بشكل مستقيم

تنفذ أكثر البراغل الصلدة (*Solid Reamers*) غالباً القطع مع نهاية أمامية مشطوبة بزاوية (45°). الأخاديد تقود البَرغل وتُحسن بشكل طفيف الإنهاء لذلك لا تستخدم البراغل لإزالة الخام العنيفة . وفيما يلي عرض لتراكيب ومصطلحات البَرغل :

1- المحور (Axis).

المحور هو خط مستقيم خيالي والذي يصنع الخط المركزي الطولي للبَرغل، وعادة ينشأ بواسطة تدوير البَرغل بين المراكز.

2- **الإستدقاق الخلفي** (Back Taper).

الإستدقاق الخلفي هو نقصان طفيف في القطر من الأمام للخلف في طول إخدود البَرغل.

3- **البدن** (Body).

البدن هو :

1. جزء القطر كامل التخديد للبَرغل، متضمناً الشطب، يبدأ مستدق ومخروطي .
2. عضو الإسناد الرئيسي لموضع شفرات البَرغل، عادة يضم الساق.

4- **الشطب** (Chamfer).

الشطب هي جزء قطع زاوي عند نهاية الدخول للبَرغل.

5- **طول الشطب** (Chamfer Length).

طول الشطب هو مقاس بشكل متوازي للمحور عند حافة القطع .

6- **زاوية خلاص الشطب** (Chamfer Relief Angle).

زاوية خلاص الشطب هي زاوية خلاص محورية عند الزاوية الخارجية للشطب. وتقاس بواسطة الإسقاط داخل مستوي مماس للمحيط عند الزاوية الخارجية للشطب.

7- **الخلوص** (Clearance).

الخلوص هو الفراغ بواسطة الخلاص خلف حافة القطع أو حاشية البَرغل.

8- **الأخاديد** (Flutes).

الأخاديد هي قنوات طولية تُشكل في بدن البَرغل للتزويد بحافات قطع، تسمح بمرور الرايش وتسمح بوصول سوائل القطع لحافة القطع.

9- **طول الإخدود** (Flute Length).

هو طول الأخاديد الذي لا يتضمن إمتداد القاطع (*Cutter Sweep*).

10- **الأرضية** (Land).

الأرضية هي مقطع البَرغل بين الأخاديد المتجاورة.

11- **الحاشية** (Margin).

هي جزء غير حر لمحيط الأرضية مجاور لحافة القطع.

12- **الرقبة** (Neck).

الرقبة هي مقطع إختزال أو نقص القطر الذي يربط الساق للبدن، أو يربط الأجزاء الأخرى للبَرغل.

13- **الطول الكلي** (Overall Length).

الطول الكلي هو الطول الأقصى للبَرغل من النهاية إلى النهاية، لكنه لا يتضمن المراكز الداخلية أو لولب الإمتداد.

14- **الساق** (Shank).

الساق هو جزء البَرغل الذي بواسطته يثبت ويُدار.

15- **الساق المستقيم** (Straight Shank).

الساق المستقيم هو ساق إسطواني.

16- **الساق المستدق** (Taper Shank).

الساق المستدق هو ساق يُعمل ليتوافق لتجويف مستدق مُحدد (مخروطي).

2.2.11 أنواع البَراغل (Types of Reamers).

يتم صنع البراغل مع ثلاث أنواع من الأخاديد وجميعها قياسية هي :

1- **الإخدود المستقيم** (Straight Flute).

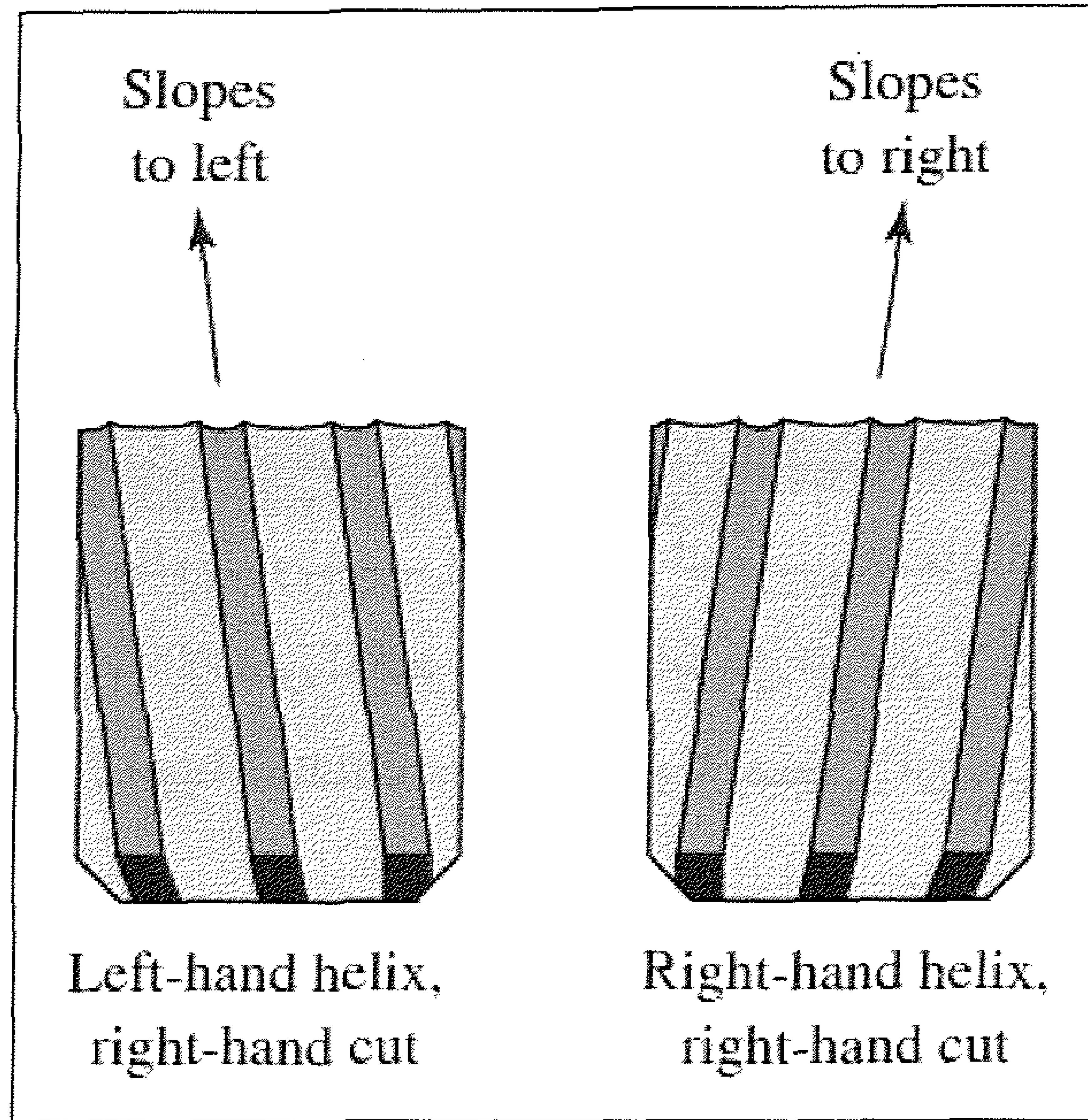
براغل الإخدود المستقيم ملائمة لمعظم الشُغلات وأقل كلفة. لكن يجب أن لا تستخدم إذا كان هنالك مجرى خابور أو أي تقطع آخر في الثقب.

2- **اللولب اليميني** (Right-Hand Spiral).

براغل الأخاديد الملولبة اليمينية تعطي فعل قطع حر وتميل لرفع الرايش خارج الثقب. ولكن يجب أن لا تستخدم مع النحاس أو الألمنيوم الطري لكون هذه البَراغل تميل للإنسحاب داخل الثقب.

3- **اللولب اليساري** (Left-Hand Spiral).

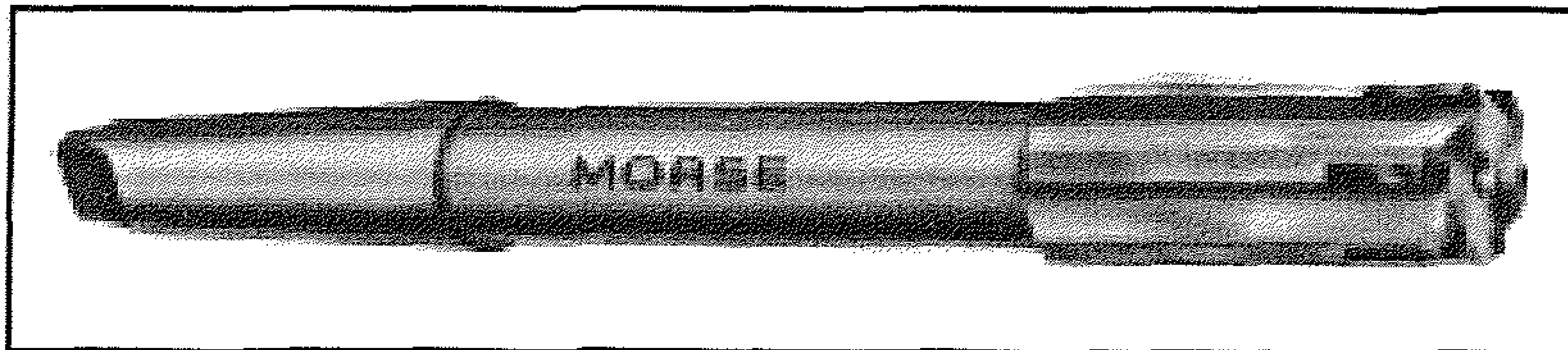
تتطلب البَراغل المُخددة بشكل يساري ضغط أكبر بشكل طفيف لتُغذى، لكنها تعطي قطع ناعم ويمكن أن تستخدم على المواد الطرية والصمغية، لأنها تميل للإندفاع خارج الثقب عندما تتقدم. كذلك من الحكمة إستخدام هذه البَراغل في الثقوب المسدودة (غير النافذة) لأنها تدفع الرايش للأسفل داخل الثقب. كل البَراغل تستخدم لإنتاج الثقوب الناعمة والدقيقة. بعضها يدور يدوياً والأخر يستخدم قدرة الماكنة. طريقة تحديد البَراغل اليمينية واليسارية موضحة في الشكل رقم (11- 3).



الشكل رقم (11- 3): طريقة تحديد بَراغل اليد اليمنى واليسرى

1.2.2.11 البَراغل الآلية (Machine Reamers).

تستخدم البَراغل الآلية على كل ماكنات الثقب والمخارط لعمليات التخشين والإنهاء. تتوفر البراغل الآلية في سيقان مستدقة أو مستقيمة ومع أخاديد مستقيمة أو حلزونية. بَراغل الساق المستدقة (الشكل رقم (11- 4)) تتوافق مباشرة داخل عمود الدوران، وبَرغل الساق المستقيمة بشكل عام يسمى بَرغل التظريف يتوافق داخل ظرف المثقب.



الشكل رقم (11- 4): بَرغل مع ساق ذو إخدود مستقيم مُلقم بالكاربيد

وتقسم البَراغل الآلية إلى عِدة أنواع هي :

1- البَراغل النجمية (Rose Reamers).

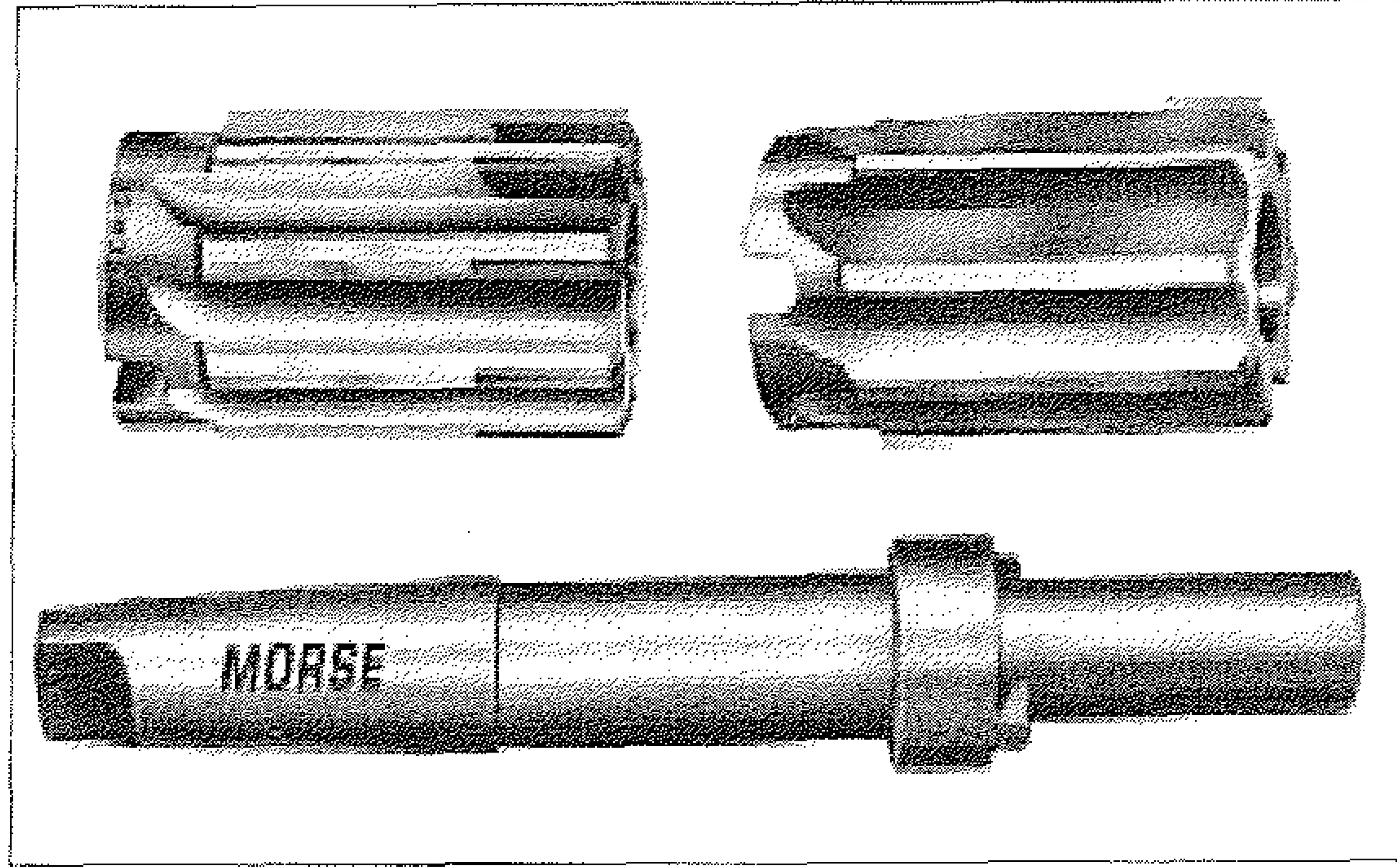
البَراغل النجمية هي بَراغل آلية تقطع فقط على حافة مشطوبة بزاوية (°45) (مخروطية) تقع على النهاية. بدن البَرغل النجمي مستدق بشكل طفيف (حوالي "0.001 لكل إنج طول) لمنع التقيد أو الربط أثناء العملية. هذا البَرغل لا يقطع الثقب الناعم وبشكل عام يستخدم لتشغيل الثقب لبضع آلاف من الإنجات أصغر من المعدل المطلوب. وبسبب إن البَرغل النجمي يُشغل الثقب ("0.001-"0.005) تحت المقاس الإسمي لذلك يستخدم البَرغل اليدوي لإنهاء الثقب للمقاس المطلوب. البَراغل اليدوية تمتلك ساق مربعة ولا يمكن أن تُستخدم وتشغل مع القدرة الآلية.

2- البَراغل المُخددة (Fluted Reamers).

البَراغل المُخددة هي بَراغل آلية تستخدم لإنهاء الثقوب المثقوبة. هذا النوع من البَراغل يُزيل أجزاء صغيرة من المعدن مقارنة مع البَرغل النجمي. البَراغل المُخددة تمتلك حافات قطع أكثر من البَراغل النجمية لذلك تقطع الثقب مع نعومة أكثر. تقطع البَراغل المُخددة بنهاية مشطوبة إضافة إلى الجوانب. كذلك تتوفر في شكل كاربيد صلد أو تمتلك لُقم كاربيدية لأسنان القطع.

3- البَراغل المجوفة (Shell Reamers).

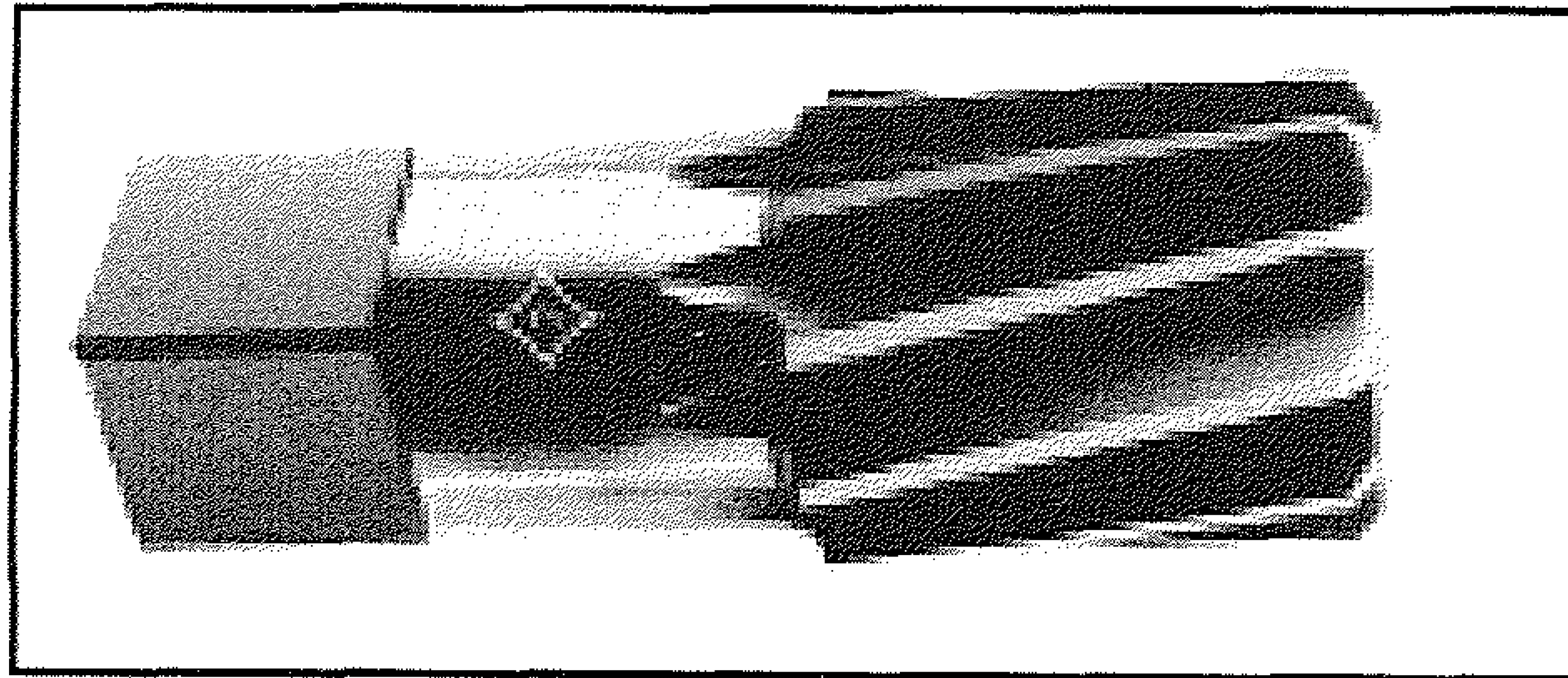
البَراغل المجوفة (الشكل رقم (11- 5)) تصنع من جزئين هما رأس البَرغل (*Reamer Head*) ومحور الدوران (*Arbor*). يحفظ رأس البَرغل في الإستخدام في محور الدوران. يتوفر رأس البَرغل مع نوع نجمي أو نوع إخدود، مع أخاديد مستقيمة أو حلزونية. محور الدوران متوفر مع ساق مستقيمة أو مستدقة. يعتبر البَرغل المجوف بَرغل إقتصادي، بسبب إن البَرغل فقط هو الذي يستبدل عندما يصبح مبلي أو متضرر.



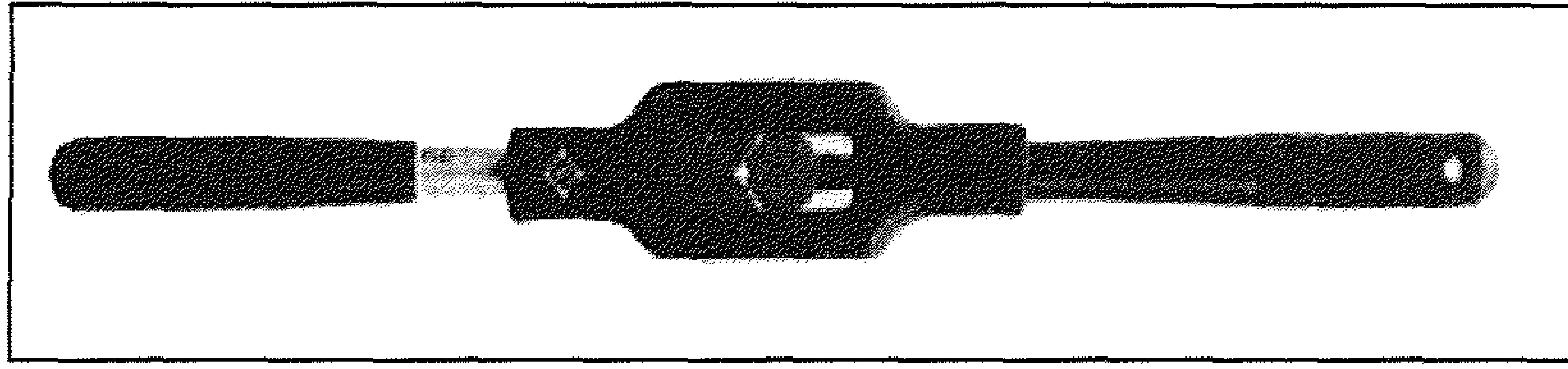
الشكل رقم (11- 5): محور دوران بَرغل مجوف مع رأسين احدهما HSS والآخر كاربيد مُلقم

2.2.2.11 البَراغل اليدوية (Hand Reamers) .

البَراغل اليدوية هي بَراغل إنهاء تتميز بالمربع على سيقانها (الشكل رقم (11- 6)). يتم تدوير البَراغل اليدوية بواسطة اليد مع مفتاح ربط ملولب يتوافق فوق المربع (الشكل رقم (11- 7)) وهذا النوع من البَراغل يقطع فقط على حافات القطع الخارجية. تكون نهاية البَرغل اليدوي مستدقة بشكل خفيف لمنح تراصف سهل في الثقب المثقوب، وعادة طول الإستدقاق يساوي قطر البَرغل. إن البَراغل اليدوية يجب أن لا تُدار آلياً وكذلك يجب أن تبدأ توسيع الثقب بشكل مضبوط ومستقيم، ويجب أن لا تُزيل أكثر من (″0.001 -″0.005) من المادة. البَراغل اليدوية متوفرة في مدى قطري من (″1.8) إلى فوق (″2) وبشكل عام تُصنع من الفولاذ الكاربوني أو فولاذ السرعات العالية.



الشكل رقم (11- 6): برغل يدوي يساري حلزوني



الشكل رقم (11- 7): مفتاح ربط ملولب يستخدم كذلك لمسك البراغل اليدوية لإنهاء الثقوب المثقوبة

تقسم البَراغل اليدوية إلى عِدة أنواع هي :

1- **البَراغل اليدوية المستدقة** (Taper Hand Reamers).

تستخدم البراغل اليدوية المستدقة لتوسيع كل إستدقاقات الحجم القياسي، حيث تصنع لكل الثقوب المستدقة من أجل التخشين والإنهاء. هذه البَراغل مشابهة للبَرغل اليدوي المستقيم، حيث الإستدقاق يجب أن يستخدم بعناية ولا يستخدم لتشغيله الطاقة الآلية.

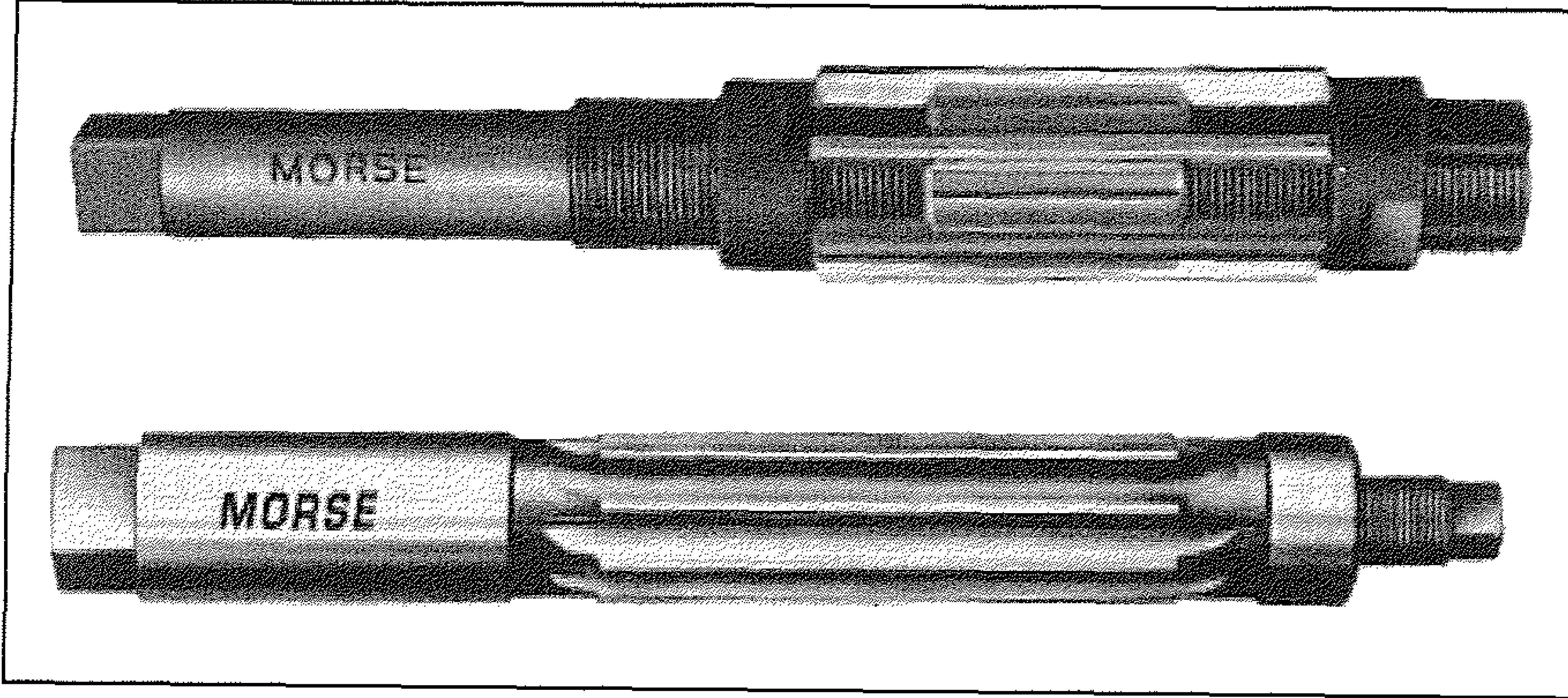
البَراغل القابلة للضبط (Adjustable Reamers).

البراغل القابلة للضبط (الشكل رقم (11-8-a)) تستخدم لإنتاج أي حجم للثقب داخل مدى البَرغل. إن مقاس هذه البَراغل يُضبط بواسطة إنزلاق شفرات القطع إلى ومن الساق. توضع صامولتا الضبط عند كل نهاية للشفرات تعمل على تحريك هذه الشفرات. البَراغل اليدوية القابلة للضبط متوفرة في مقاسات لأقطار تتراوح بين (″1/4 - فوق ″3). كل بَرغل يمتلك تقريباً ضبط (″1/64) فوق وتحت قطره الإسمي.

3- **البَراغل اليدوية المتمددة** (Expansion Hand Reamers).

البراغل اليدوية المتمددة تشبه البَراغل القابلة للضبط، حيث تمتلك مدى ضبط مُحدد تقريباً (″0.01). البَراغل المتمددة (الشكل رقم (11-8-b)) تمتلك لولب ضبط عند نهاية البَرغل، حيث عندما تدور يحشر لولب الضبط السدادة

المستدقة داخل بدن البَرغل موسعاً قطره. تتوفر البَراغل المتمددة كذلك كبَراغل آلية.



الشكل رقم (11- 8): a- البَرغل القابل للضبط b- بَرغل متمدد ذو ساق مربعة

3.2.2.11 العناية بالبَراغل (Care of Reamers).

بسبب كون البَراغل عُدد إنهاء دقيق، لذلك يجب أن تستخدم بعناية وكما يلي :

1- يجب تخزن أن البراغل في حاويات منفصلة أو يتم جعل بينها فراغ في خزانة تجهيز العُدد لمنع الضرر لحافات القطع.

2- يجب دائماً استخدام سوائل القطع أثناء عمليات البرغلة، بإستثناء حديد الزهر.

3- البرغل يجب أن يدور للخلف وإلا سوف يتم ثلم حافات القطع.

4- أي زوائد شظايا على حافات القطع يجب أن تزال بواسطة حجر سن بالزيت (*Oil Stone*) لمنع قطع الثقوب فوق المقاس (*Over Size*).

3.2.11 ظروف التشغيل (Operation Conditions).

في البَرغلة تعتبر السرعة والتغذية مهمة، كذلك يجب أن يؤخذ بنظر الإعتبار إزالة الخام والتراصف لكي يتم أنتاج ثقوب بدون إصطكاك.

1- **سرعات البَرغلة** (Reaming Speeds).

إن سرعات البَرغلة الآلية يمكن أن تتغير بشكل معتبر إعتماداً إلى حد ما على المادة المراد توسيع ثقبها. نوع الماكنة، والدقة والإنهاء المطلوبين. وعلى العموم فأن معظم عمليات البرغلة الآلية تنفذ عند حوالي $\frac{2}{3}$ السرعة المستخدمة لثقب نفس المادة.

2- **تغذيات البَرغلة** (Reaming Feeds).

إن تغذيات البَرغلة عادة أعلى بكثير من تلك المستخدمة للثقب، حيث غالباً تشغل أكثر بمقدار (200٪ - 300٪) من تغذيات المثقب. إن التغذية القليلة جداً يمكن أن تنتج في بلى مفرط للبَرغل. في كل الأوقات فأنه من الضروري أن تكون التغذية أعلى بشكل كافي للسماح للبَرغل بالقطع بدون حك أو صقل. التغذية العالية جداً يمكن أن تقود لإختزال الدقة للثقب ويمكن كذلك أن تخفض نوعية الإنهاء. إن الفكرة الأساسية هي إستخدام تغذية عالية قدر الإمكان مع البقاء على إنتاج الدقة والإنهاء المطلوبين.

3- **الخام المراد إزالته** (Stock to be Removed).

ولنفس السبب فأن الخام غير الكفوء للبرغلة يمكن أن ينتج فعل احتكاك أكثر مما هو قطع. ومن الصعوبة التعميم على هذا الطول، مثلما هي ترتبط بشكل وثيق مع نوع المادة، التغذية، الإنهاء المطلوب، عمق الثقب، وسعة الرايش للبرغل. للبرغلة الآلية ("0.10)على ثقب ("1/4)، ("0.15) على ثقب ("1/2)، فوق ("0.25) على ثقب ("1 - "1/2) تبدو كنقطة بداية جيدة. للبَرغلة اليدوية فأن سماحات الخام هي أقل بكثير إلى حد ما بسبب الصعوبة في حشر البَرغل خلال خام واسع. السماحة الشائعة هي ("0.001 - "0.003).

4- **التراصف** (Alignment) .

في عمل البَرغلة المثالية ، يكون كل من عمود الدوران ، البَرغل ، الجلُبة ، والثقب المراد تشغيله تكون في تراصف مثالي . أي تغيير في هذا التراصف يقود لزيادة بلى البَرغل ويقلل من دقة الثقب . إن ظهور الإستدقاق ، الثقب فوق المعتاد ، والثقوب الناقوسية الشكل يجب أن يؤدي إلى الإهتمام بالتراصف . في بعض الأحيان يتم إختزال التأثيرات السيئة لعدم التراصف من خلال إستخدام الثقوب العائمة أو المعدلة .

5- **الإصطكاك** .(Chatter)

إن ظهور الإحتكاك عند البَرغلة يمتلك تأثيرا سيئ جداً على عُمر البَرغل وعلى الإنهاء في الثقب. ويمكن أن يكون الإحتكاك نتيجة لواحد أو أكثر من الأسباب التالية :

1- السرعة الزائدة..
2- الخلوص الكبير جداً على البرغل.
3- عدم تثبيت الشُغلة بشكل جيد.
4- التشغيل (*Over hand*) المفرط للبَرغل أو عمود الدوران.
5- التغذية الخفيفة جداً.

إن تصحيح السبب يمكن أن يزيد كل من عمر البرغل ونوعية الثقوب الموسعة. في عمليات البرغلة يتم التأكيد عادة على الإنهاء وسوائل التبريد يتم اختيارها بشكل عام لهذا الغرض عما هو للتبريد.

4.2.11 عمليات البَرغلة . (Reaming Operations)

عمليات البَرغلة يمكن أن تنفذ على المخارط، المثاقب، ومراكز التشغيل.

1- بَرغلة المخرطة (Lathe Reaming).

البَرغلة على المخرطة يمكن أن تنفذ فقط بواسطة تثبيت البَرغل في موقع الغراب المتحرك أما في ظرف الثقب لبَراغل الساق المستقيمة، أو مباشرة في عمود دوران الغراب المتحرك لبَرغل الساق المستدقة (انظر الشكل رقم (11- 4)). إن الشُغلة المراد تشغيلها يمكن أما أن تمسك في ظرف أو تثبت على صينية المخرطة، وفي حالة المخرطة البرجية فأن البَرغل يمكن فقط أن يستخدم في البرج السداسي.

في بعض الأحيان تمسك البَراغل في ماسكات عائمة (*Floating*) في الغراب المتحرك، هذه الماسكات تسمح للبَرغل أن يمركز نفسه على الثقب المُخلق مسبقاً. الثقوب العميقة (فوق ثلاثة أضعاف قطر المثقب) تميل للإنتحاء (*Runout*)، حيث البَرغل سوف لن يصحح هذه الحالة والثقب يجب أن يوسع إذا التراصف مهم.

2- بَرغلة مكبس الثقب (Drill Press Reaming).

تتطلب البرغلة على مكبس الثقب مسك البَرغل في عمود الدورات مع ظرف مثقب لبَراغل التشغيل ذات الساق المستقيمة. أو مباشرة في عمود الدوران للبَراغل ذات الساق المستدقة (إنظر الشكل رقم (11- 4)). عادة الشُغلة المراد تشغيلها تمسك في ملزمة ربط ويتم تمركزها على منضدة الثقب. تنجز البَرغلة على المخرطة بواسطة تدوير الشُغلة بينما البَرغلة على مكبس الثقب يتم إنجازها مع بَرغل دوار وشُغلة ثابتة. الرؤوس العائمة يمكن أن تستخدم على مكابس الثقب إضافة إلى المخارط.

3- **بَرغلة مركز التشغيل** (Machining Center Reaming).

بَرغلة مركز التشغيل هي شائعة الإستخدام، حيث البَراغل عادة تمسك في البرج السداسي أو في مخزن العُدة الآلي. إن التراكيب هنا عادة أكثر تعقيد بينما السرعات والتغذيات يتم برمجتها مسبقاً.

3.11 اللولبة الداخلية (Tapping) .

تُعرف اللولبة الداخلية على إنها عملية إنتاج أسنان داخلية بإستخدام عُدة (لولب) يمتلك أسنان على محيطه لقطع الأسنان في الثقب المثقوب مسبقاً. تتكون الأسنان بواسطة دمج الحركة الدورانية والمحورية بين اللولب والشُغلة. عملية لولبة داخلية آلية نموذجية موضحة في الشكل رقم (11- 9).



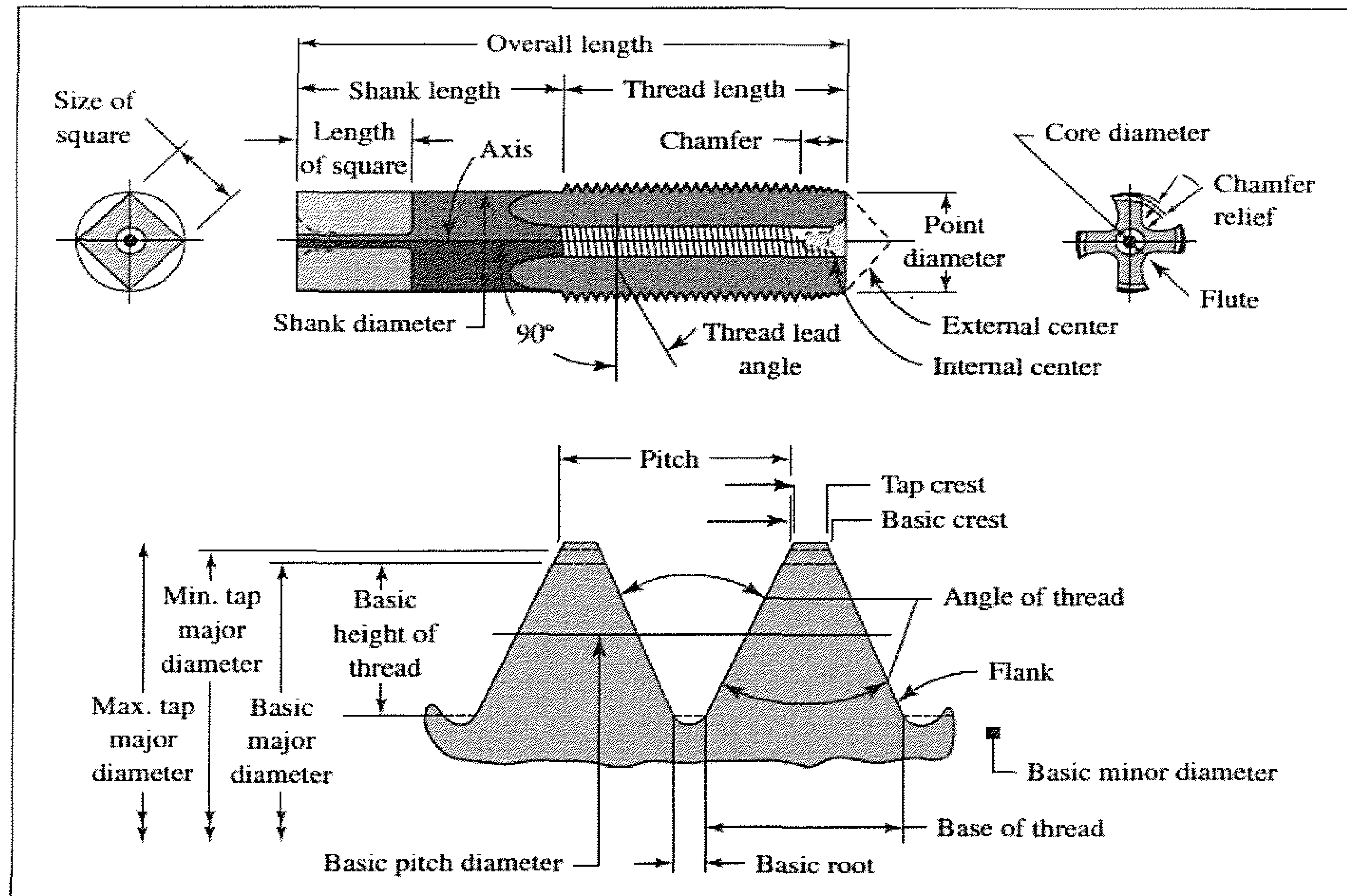
الشكل رقم (11- 9): عملية لولبة داخلية نموذجية مع وحدة عكس ذاتي

1.3.11 مصطلحات اللولب (Tap Nomenclature) .

تمتلك أسنان اللولب العديد من الأبعاد، ومن المهم في الصناعة الحديثة أن يكون هنالك معرفة عملية بمصطلحات اللولب. السن اليميني *(Right Hand*

Thread) هـو سـن اللولـب الـذي يحتـاج دوران يمـيني أو بإتجـاه عقـارب السـاعة لشـده. أما السـن اليسـاري (Left Hand Thread) فهـو سـن اللولـب الـذي يتطلـب دوران يسـاري أو بإتجـاه عقـارب السـاعة لشـده. توافـق السـن (Thread Fit) هـو مدى الشـد أو الإرتخـاء بين الأسـنان المتعشـقة الخارجيـة والداخليـة. سـلاسـل السـن (Thread Series) هـي مجموعات لتجمعات القطر والخطوة التي تتميز عن بعضـها البعض بواسطة عدد الأسنان لكل إنج المطبقة لقطر محدد.

السلسلتان العامتان المستخدمة في الصناعة هي السلسلة الخشنة (Coarse Series) وإختصـارها (UNC) والسـلاسـل الناعمـة (Fine Series) والـتي يرمـز لها إختصاراً (UNF). مصطلحات اللولب موضحة في الشـكل رقم (11- 10).



الشـكل رقم (11- 10): مصـطلحات اللولب (Tap) والسن (Thread)

وفيما يلي عرض لهذه المصطلحات :

1- **الشطب** (Chamfer).

الشمفرة هي إستدقاق الأسنان عند النهاية الأمامية لكل أرضية المُحزز (*Chaser*)، اللولب، أو القالب بواسطة القطع بعيداً وتخليص قمة الأسنان القليلة الأولى لتوزيع فعل القطع فوق عِدة أسنان.

2- **القمة** (Crest).

القمة هي سطح السن الذي يوصل جوانب السن وهي تمتد من الإسطوانة أو المخروط الذي ينتأ منه السن.

3- **الجانب** (Flank).

هو جزء سطح السن الحلزوني الذي يربط القمة والجذر، والذي هو نظرياً خط مستقيم في مقطع مستوي محوري.

4- **الإخدود** (Flute).

الإخدود هو قناة طولية تُشكل في اللولب لخلق حافات قطع على المقطع الجانبي للسن ويزود بفراغات رايش وممر لسائل قطع.

5- **زاوية الخطاف** (Hook Angle).

زاوية الخطاف هي زاوية الميلان لوجه التحدب، عادة تحدد أما كخطاف وتري أو خطاف مماسي.

6- **الأرضية** (Land).

الأرضية هي أحد المقاطع المسننة بين أخاديد اللولب.

7- **خطوة السن** (Lead of Thread).

خطوة السن هي المسافة التي يتقدمها سن اللولب محورياً في دورة واحدة كاملة. في اللولب مفرد اللولبة تكون الخطوة (*Pitch*) وخطوة الجزء المسنن

(*Lead*) متماثلان، أما في اللولب مُتعدد اللولبة فأن الخطوة للجزء المسنن هي ضعف الخطوة .

8- القطر الأكبر (Major Diameter).

القطر الأكبر هو قطر الإسطوانة الكبيرة أو المخروط الكبير، عند موقع معين على المحور الذي يربط قمم السن الخارجي أو الجذور للسن الداخلي .

9- القطر الأصغر (Minor Diameter).

القطر الأصغر هو قطر أصغر إسطوانة أو أصغر مخروط، عند موقع معين على المحور الذي يربط جذور السن الخارجي أو قمم السن الداخلي .

10- قطر الخطوة (Pitch Diameter).

قطر الخطوة هو القطر الخيالي للإسطوانة أو المخروط، عند نقطة معينة على المحور لذلك القطر والموقع لمحوره، الذي سطحه سوف يمر خلال السن في إسلوب مثل صنع حيد السن (*Thread Ridge*) وحز السن (*Thread Groove*) متساويان وهكذا، يقع في مسافة متساوية بين الإسطوانات أو المخروط الكبيرة والصغيرة لشكل السن .بالنسبة للسن المثالي النظري ،هذا العُرض يساوي نصف الخطوة الأساسية (مقاسة بشكل متوازي للمحور).

11- نقطة الحلزون (Spiral Point).

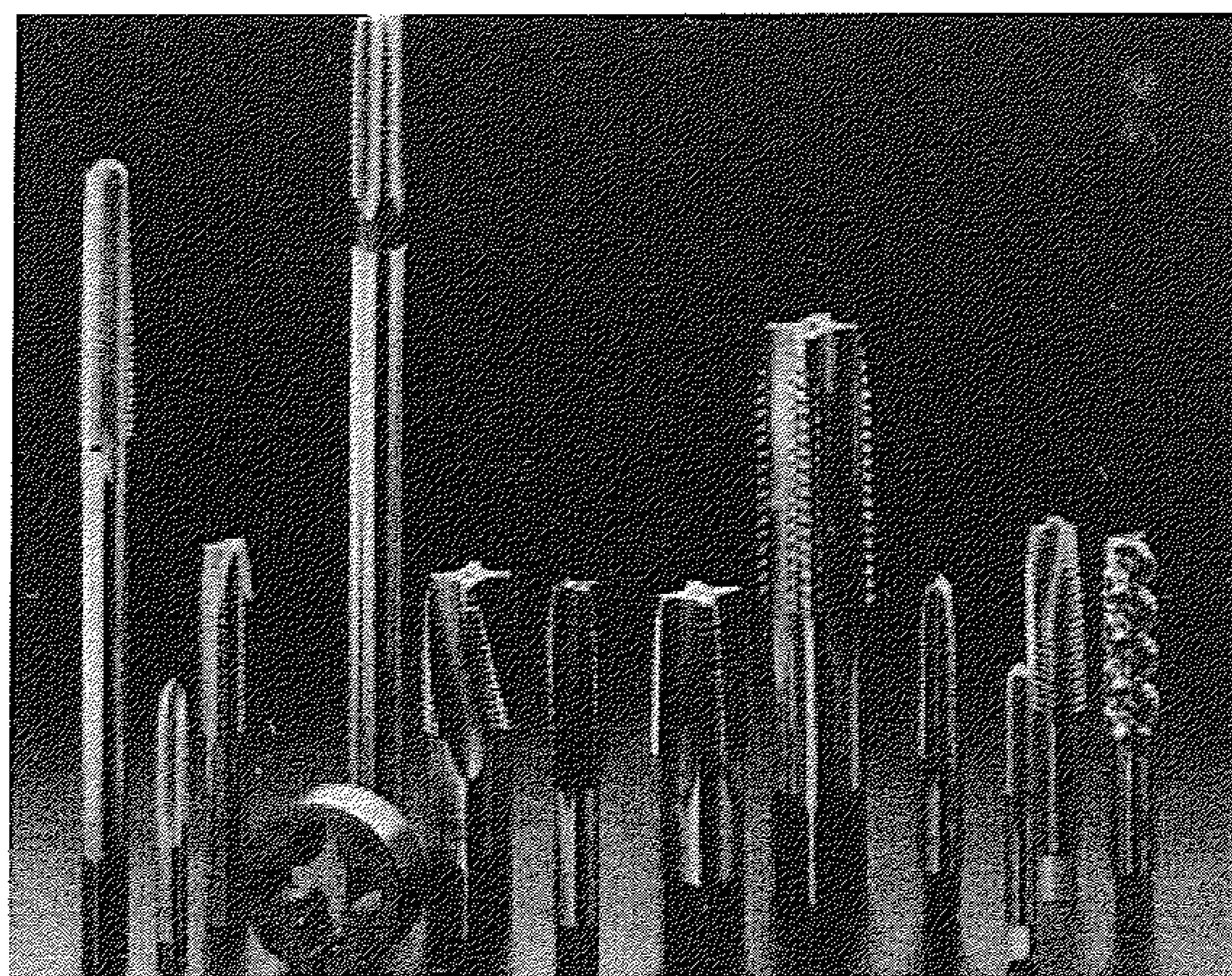
نقطة الحلزون هي تحديد زاوي في وجه قطع الأرضية عند النهاية المشطوبة. نقطة الحلزون تشكل عند زاوية نسبة إلى محور اللولب لليد المعاكسة لذلك الدوران. طول هذه النقطة عادة أكبر من طول الشطب وزاويتها نسبة إلى محور اللولب ، وعادة تصنع أكبر بشكل كافي لتوجيه الرايش إلى أمام اللولب . اللولب يمكن أن يكون ممتلكاً أخاديد طولية أو لا يمتلك هذه الأخاديد .

12- المربع (Square).

المربع هو أربعة مستويات مقسمة موازية للمحور على ساق اللولب مكونة مربع أو مربع مع زوايا مدورة .

2.3.11 أنواع اللوالب (Types of Taps) .

تصنع اللوالب في أحجام ونماذج وأنواع عديدة، والشكل رقم (11- 11) يوضح بعض اللوالب المناقشة أدناه :



الشكل رقم (11- 11): بعض النماذج والأشكال العديدة للوالب

1- اللولب الداخلي اليدوي (Hand Tap).

يستخدم اللولب اليدوي اليوم في التشغيل اليدوي أو الآلي لكل الأنواع. وهو يمثل التصميم الأساسي للولب والذي يتكون من أربعة أخاديد مستقيمة، في أنواع مستدقة، مسدودة أو قاعية (*Bottoming*). أحجام اللولب الآلية الصغيرة، المرقمة هي قياسية موجود فيها إثنان أو ثلاثة أخاديد إعتماداً على الحجم. إذا تم تشغيل معادن لينة أو لزجة أو إذا كانت ثقوب أفقية قيد العمل فيمكن إستخدام لوالب ذات إثنان أو ثلاثة أخاديد في الأحجام الواسعة.

فراغات الإخدود تكون واسعة لكن اللوالب تكون أضعف. اللوالب ثنائية الإخدود خصوصاً تمتلك مقطع عرضي صغير جداً. إن الرايش المتكون بواسطة

هذه اللوالب لا يمكن أن يخرج، لذلك فأنه يتراكم في فراغات الإخدود، وهذا ينتج إحتكاك أضافي ويكون سبب رئيسي لكسر اللولب.

2- اللوالب حلزونية الطرف (Spiral Point Tap).

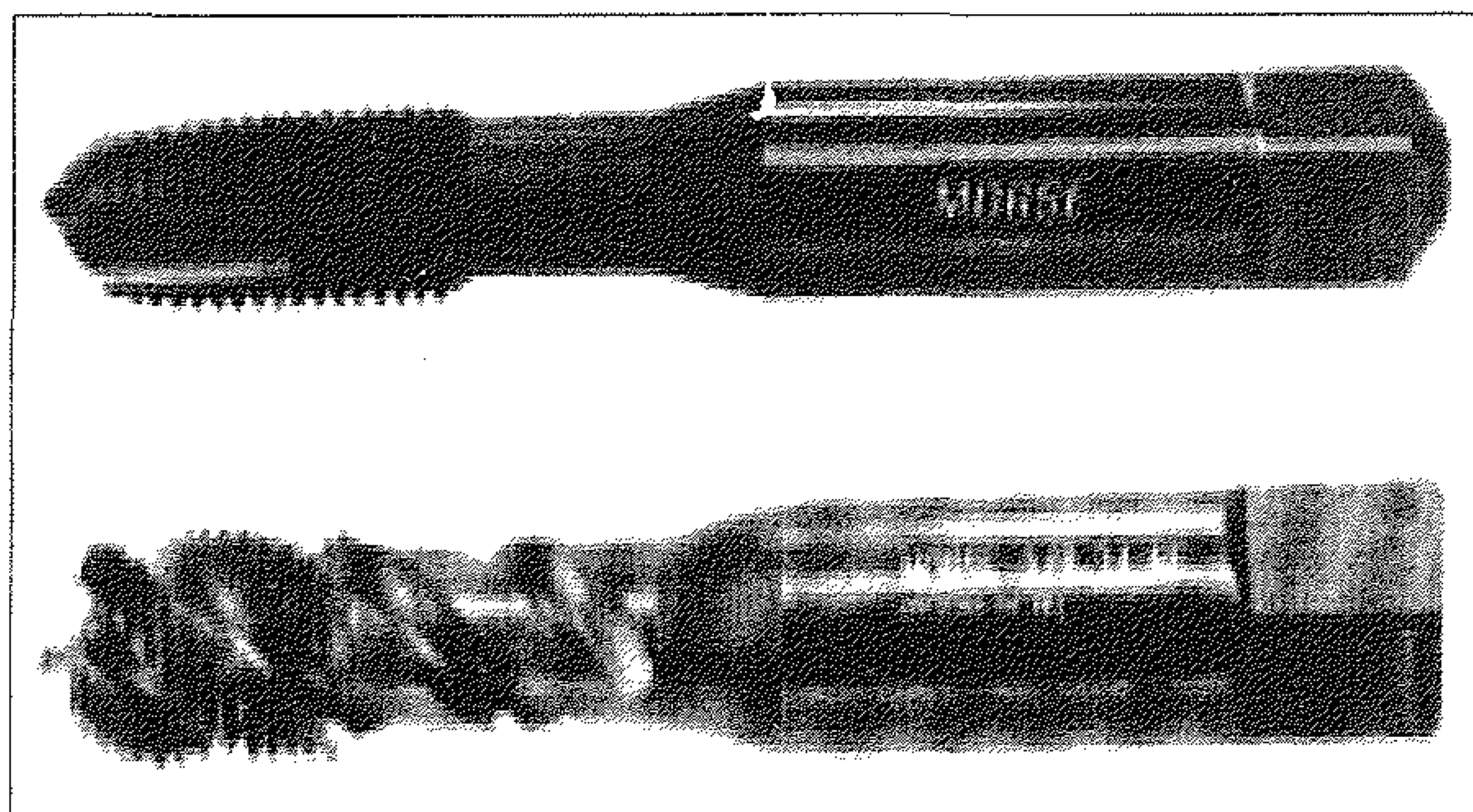
اللولب حلزوني الطرف أو الرأس أو المدفعي (الشكل رقم (11-12-a)) يكون مشابه للولب اليدوي القياسي (إنظر الشكل رقم (10- 11)) ما عدا عند الرأس، حيث يجلخ شق طولي (*Slash*) في كل إخدود عند رأس اللولب. وهذا الشيء يؤدي إلى إنجاز عِدة نقاط هي :

1- اللولب المدفعي يمتلك أخاديد أقل (عادة ثلاثة) وتكون ضحلة، وهذا يعني لولب أقوى.

2- الرايش يجبر على الخروج لأمام اللولب عوضاً عن تراكمه في الأخاديد، كما هي الحال مع اللولب المسدود.

3- وبسبب هذين العاملين، لولب الطرف الحلزوني يمكن أن يُدار غالباً أسرع من اللولب اليدوي ويختزل كثيراً كسر اللولب.

يحل اللولب المدفعي في كثير من الحالات، محل النموذج القياسي في الصناعة خصوصاً للثقوب المفتوحة الطرف في الفولاذ الطري والألمنيوم. كلا اللولبين المنتظم والحلزوني الطرف يصنعان في كل المقاسات متضمنة المترية.



الشكل رقم (11- 12): a- اللوالب حلزونية الطرف b- اللولب القاعي حلزوني الإخدود

3- اللولب حلزوني الأخدود (Spiral Flute Tap).

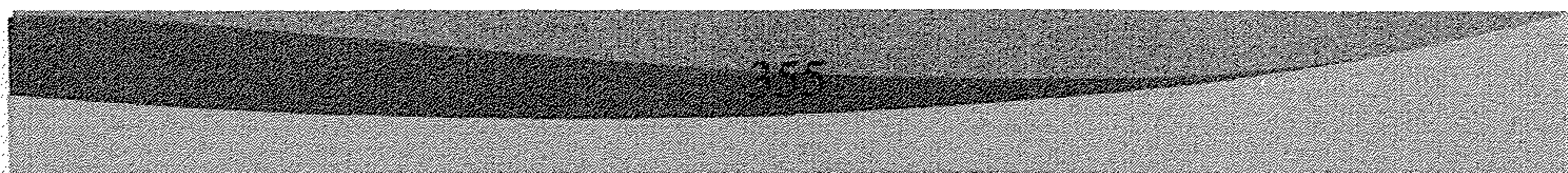
اللولب القاعي حلزوني الإخدود (الشكل رقم (b-12-11)) يصنع في لولبيات منتظمة وسريعة والتي تمتلك زاوية حلزون صغيرة أو واسعة. ويطلق عليها في بعض الأحيان(*Helical-(Fluted Tap*. إن إستخدام هذه اللوالب إزداد بسبب كونها تسحب الرايش للأعلى خارج الثقب وتنتج أسنان جيدة في المعادن اللينة (مثل الألمنيوم، الزنك، والنحاس) علاوة على ذلك فأنها تعمل جيداً في معدن مونيل (*Monel Metal*)، الفولاذ المقاوم للصدأ، وحديد الزهر. تصنع هذه اللوالب في كل الأحجام فوق ("1−"½) وفي أحجام مترية فوق ($12\ \mu m$).

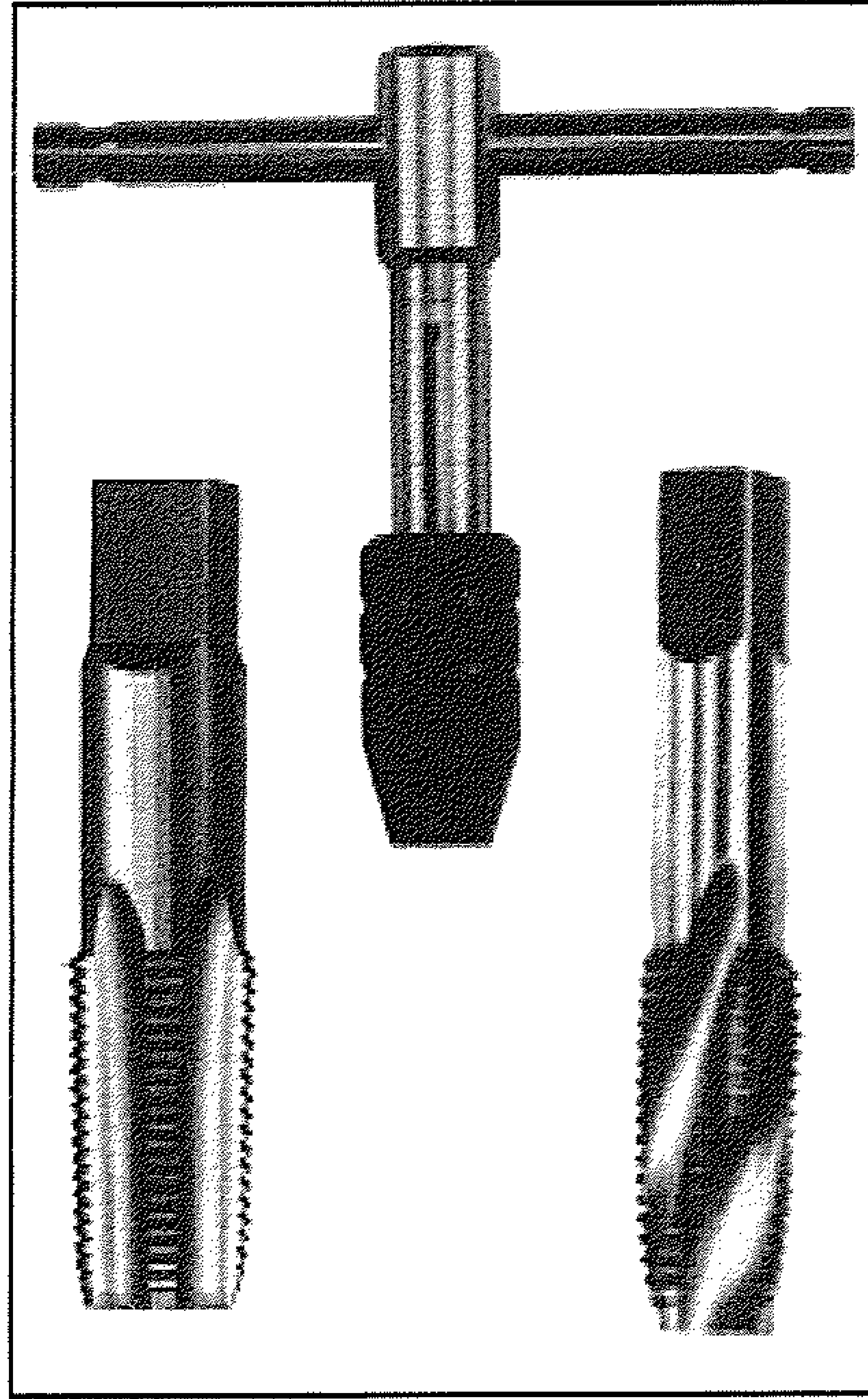
في حين إن اللوالب القياسية سوف تنجز في معظم الأعمال بكفاءة، إذا كان مقدار كبير من الألمنيوم، البراص، حديد الزهر، أو الفولاذ المقاوم قيد اللولبة، كذلك يستطيع المُصنع تجهيز خصوصيات قياسية التي سوف تنفذ العمل بشكل أفضل.

4- اللوالب الإنبوبية (Pipe Taps).

إن الغرض العام من اللوالب الإنبوبية هو إستخدامها لتسنين مدى واسع من المواد الحديدية واللاحديدية. كل اللوالب الإنبوبية تجهز مع شطب سن ($2-\frac{1}{2}$) إلى ($3-\frac{1}{2}$). الحجم الإسمي للولب الإنبوبي هو توافق الإنبوب المراد لولبته، وليس الحجم الحقيقي للولب. اللوالب الإنبوبية مجلخة السن هي قياسية في الشكل الإنبوبي القياسي الأمريكي (*NPT*) والشكل الإنبوبي الجاف الأمريكي القياسي (*NPTF*).

تتطلب أسنان (*NPT*) إستخدام مانع تسرب مثل شريط التفلون أو مركبة إنبوبية. اللوالب الجافة (*Dryseal*) تستخدم لتوافقيات اللولب التي سوف تعطي ضغط شد الوصلة بدون إستخدام مانع التسرب. الشكل رقم (11- 13) يوضح لوالب مستقيمة وحلزونية وإنبوبية بالإضافة إلى مفتاح ربط لولبي بشكل حرف (*T*).





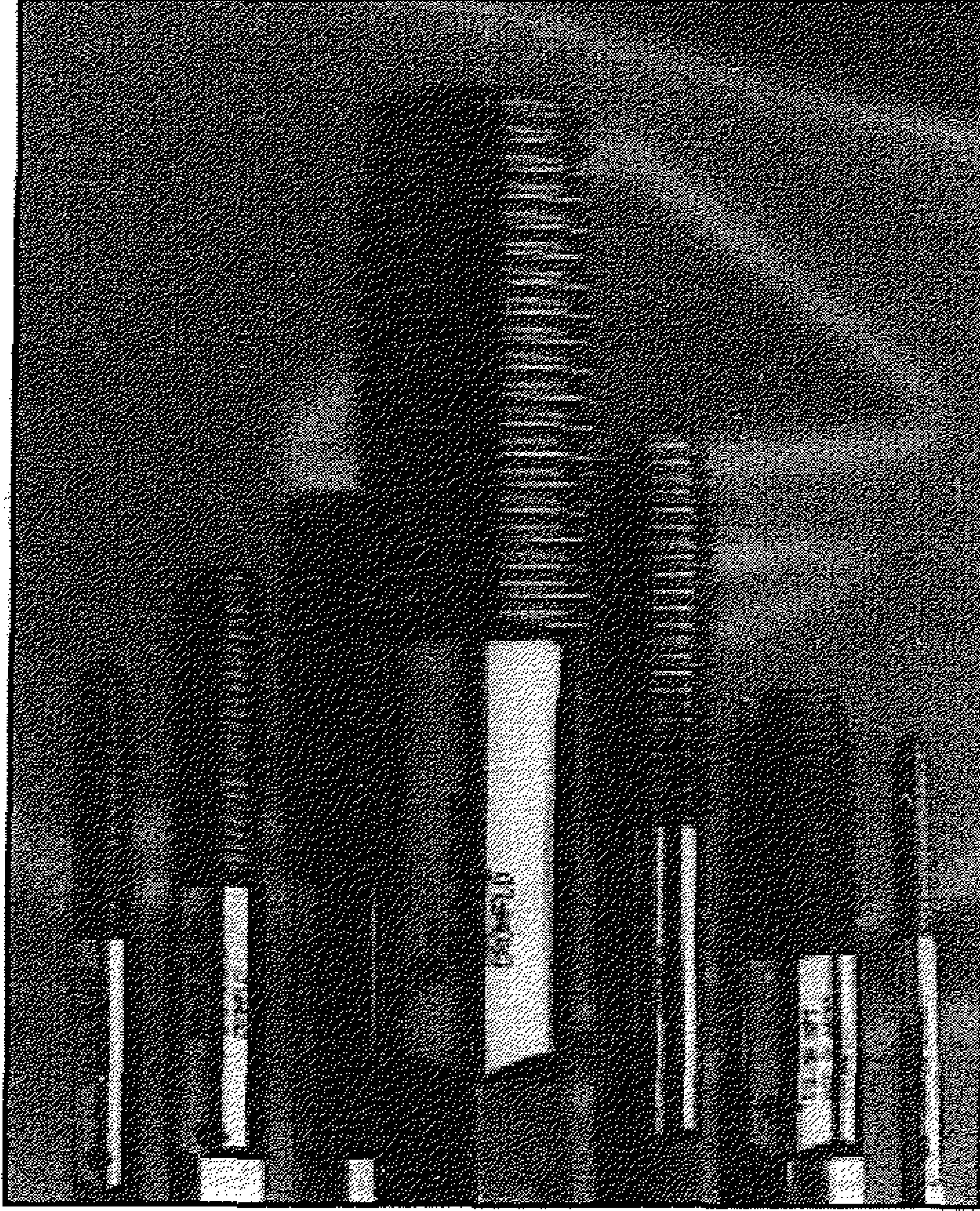
الشكل رقم (11- 13): لوالب أنبوبية مستقيمة وحلزونية الأخدود مع مفتاح ربط لولبي بشكل حرف (T)

5- اللوالب عديمة الإخدود (Fluteless Taps).

اللوالب عديمة الإخدود (الشكل رقم (11- 14)) لا تبدو بمظهرها شبيهة باللوالب ماعدا الأسنان اللولبية أو الحلزونية، وهي غير مدورة. هذه اللوالب مُشَكَلة بحيث إنها تُشكل المعدن على البارد خارج جدار الثقب داخل شكل السن بدون رايش. اللولب عديم الإخدود كان قد صمم بشكل أولي للإستخدام في سبائك الألمنيوم، البراص، وسبائك الزنك. على أية حال، لقد كانت هذه اللوالب ناجحة الإستخدام في الفولاذ الطري وبعض أنواع الفولاذ المقاوم. لهذا فهي تستحق التدقيق لإستخدامها عندما *BHN* تحت 180.

تتوفر هذه اللوالب في معظم الأحجام، متضمنة الأسنان المترية وهذه اللوالب قوية جداً ويمكن غالباً أن تُشغل أسرع بمرتين من بقية النماذج، وعلى أية حال، فأن حجم الثقب المثقوب قبل اللولبة الداخلية يجب أن لا يكون أوسع من قطر

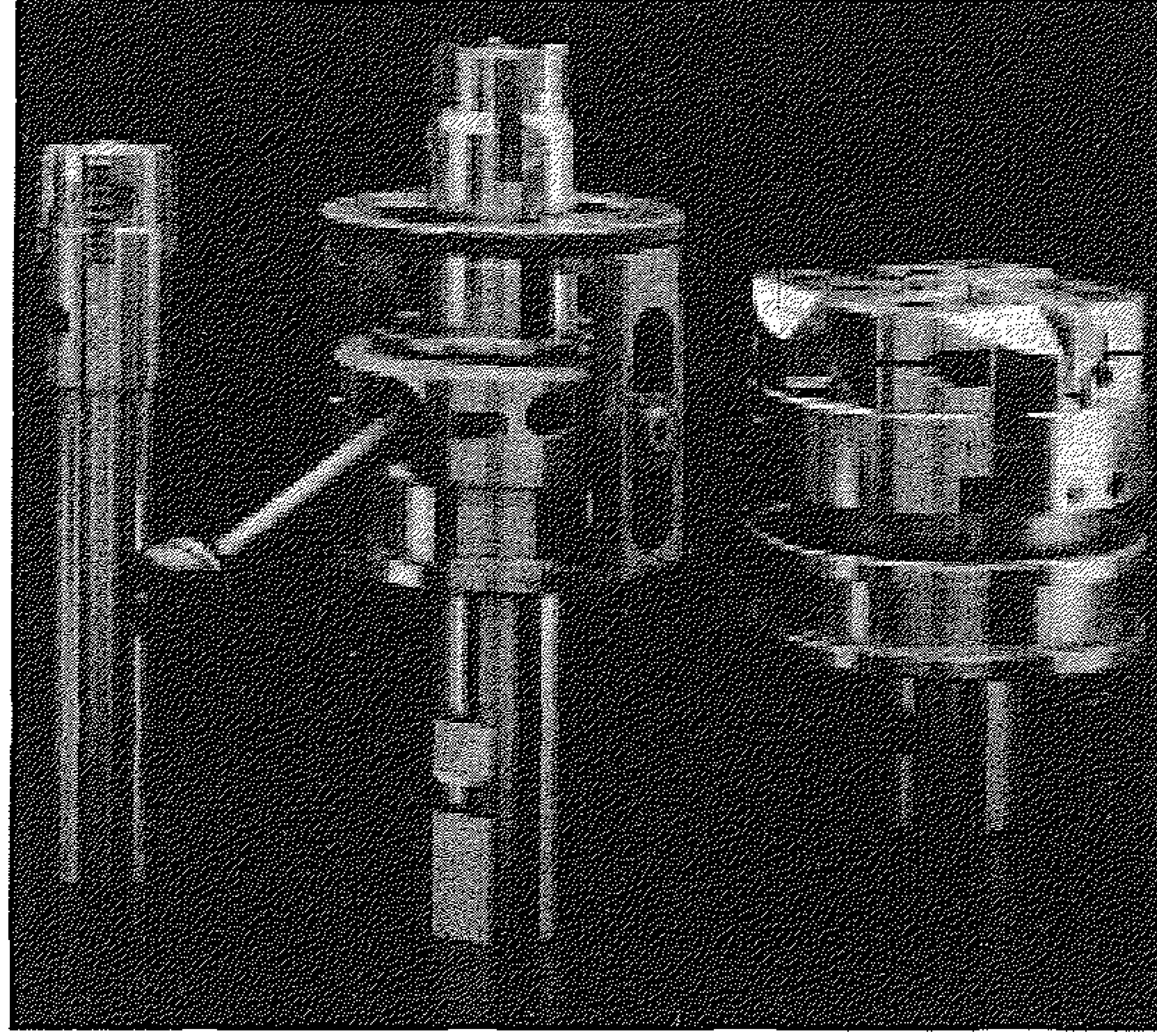
خطوة السن. السن المشكل على البارد غالباً أفضل من حيث الإنهاء وأقوى من السن المقطوع. زيت القطع يجب أن يستخدم في هذه العملية ونهايتي الثقب يجب أن تكون غاطسة لأن اللولب يرفع المعدن عند كل النهايات.



الشكل رقم (11- 14): اللوالب عديمة الإخدود

6- اللوالب الهابطة (Collapsing Taps).

اللوالب الهابطة (الشكل رقم (11- 15)) تهبط لأصغر قطر عند نهاية القطع. لهذا عندما تستخدم على المخارط لأي نوع، فأنها يمكن أن تسحب للخلف سريعاً. تصنع هذه اللوالب بمقاسات من حوالي (1) فما فوق في كلا الأسنان الإنبوبية والآلية. تستخدم اللوالب الهابطة ثلاثة إلى ستة مُحززات (*Chasers*) التي يجب أن تجلخ حالما تتصب. ماسك اللولب والقوالب الخاصة تجعل هذه التركيبة باهظة بشكل معتدل، ولكنها إقتصادية للأعمال الإنتاجية المتوسطة والعالية.



الشكل رقم (11- 15): اللوالب الهابطة

3.3.11 خيارات التشغيل (Operating Options) .

بعض الأسنان، الخارجية والداخلية يمكن أن تقطع مع عُدة قطع أُحادية الإتصال كما تم توضيحه سابقاً. على أية حال، الأكثر تكراراً لبعض الأنواع تستخدم لُقمة لولبة أو لولب بسبب كونها أسرع وبشكل عام أكثر دقة. تصنع اللوالب في نماذج عديدة لكن نماذج قليلة هي التي تنفذ أكثر من 90٪ من العمل. الشكل رقم (11- 10) يوضح المصطلحات الهامة المستخدمة لوصف اللوالب. تصنع نهاية القطع للولب في ثلاثة إستدقاقات مختلفة.

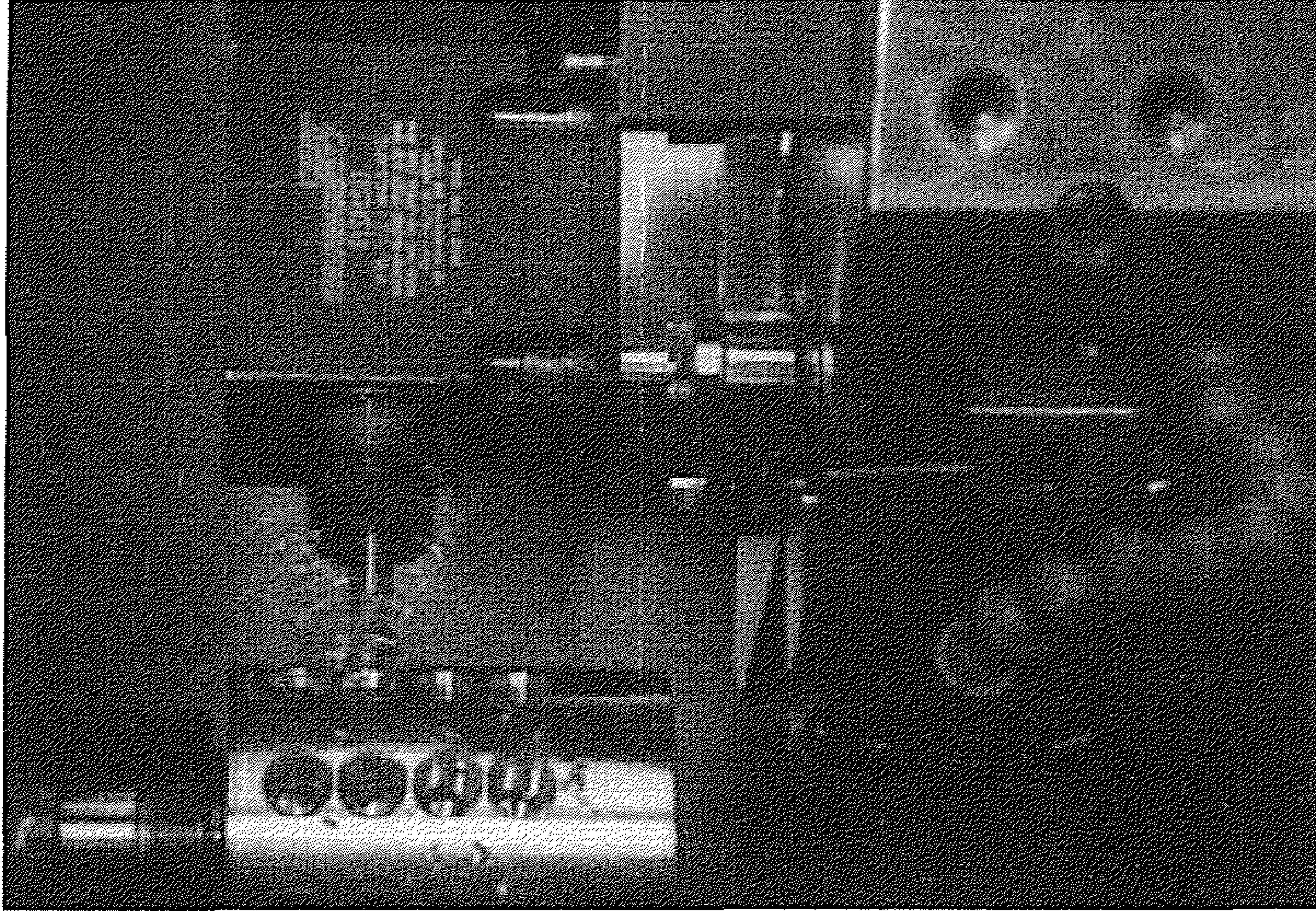
اللولب المستدق اليوم غالباً ما يستخدم، وأحياناً يستخدم أولاً كبداية إذا كان المعدن صعب اللولبة. النهاية تستدق حوالي 5 درجات لكل جانب والتي تصنع ثمانية أسنان جزئية. اللولب المسدود (*Plug Tap*) هو نموذج يستخدم على الأرجح 90٪ للوقت. مع الهندسية الملائمة لحافة القطع والتزييت الجيد، فأن اللولب المسدود سوف ينفذ معظم العمل المطلوب. النهاية تُدرج 8 درجات لكل جانب، والتي تصنع أربعة أو خمسة أسنان غير مكتملة.

اللولب القاعي (*Bottoming Top*) (إنظر الشكل رقم (11-12-b))
يستخدم فقط للثقوب المسدودة غير النافذة حيث السن يجب أن يذهب قريباً لقاع الثقب. تمتلك هذه اللوالب فقط ($1-\frac{1}{2}$) إلى (3) أسنان غير مكتملة. إذا كان الثقب يمكن أن يثقب بشكل أعمق فأن اللولب يمكن أن لا يحتاج إليه. يجب أن يستخدم أولاً اللولب المسدود أو السدادي يتبعها إستخدام اللولب القاعي. الأنواع الثلاثة كلها لإستدقاقات النهاية تصنع من لوالب متطابقة، الحجم، الطول، وكل القياسات عدا إستدقاق النهاية هي نفسها.

المادة المستخدمة للوالب هي عادة فولاذ السرعات العالية في السلاسل M_7, M_2, M_1 وفي بعض الأحيان سلاسل M_{40} أنواع كوبالت فولاذ السرعات العالية. ولوالب قليلة تصنع من كاربيد التنكستن الصلد. معظم اللوالب اليوم تمتلك أسنان مجلخة. ينفذ التجليخ بعد التصليد ويصنع دقة أكثر بكثير لعُدد القطع. لوالب "السن المقطوع" متوفرة عند كلفة أقل إلى حد ما في بعض النماذج والأحجام.

4.3.11 عمليات اللولبة الداخلية (Tapping Operations).

كما هو الحال في عمليات البرغلة، فأن عمليات اللولبة الداخلية يمكن أن تُنجز على المخارط، المثاقب، والتشغيل بين المراكز. الشكل رقم (11- 16) يوضح عملية لولبة داخلية متعددة الثقب على جزء مدور.

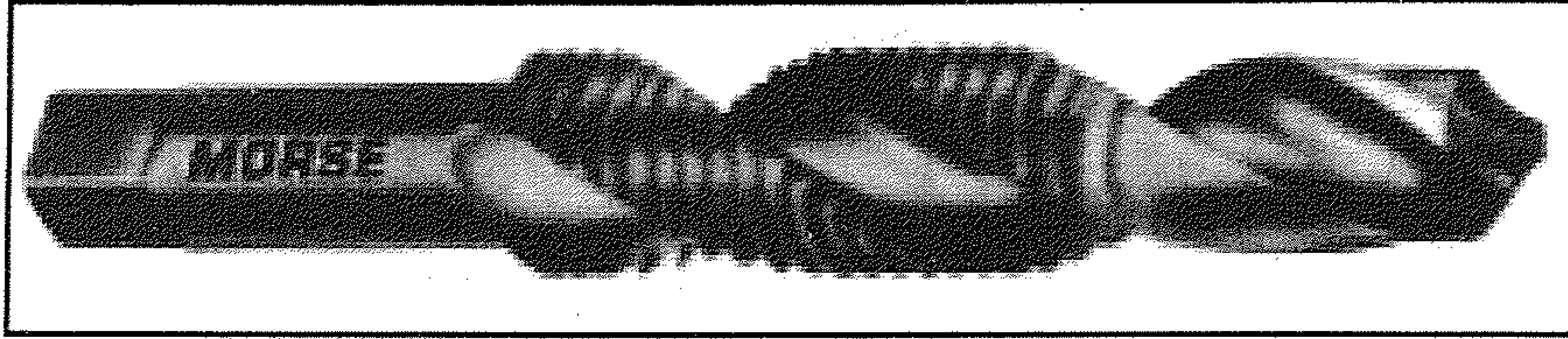


الشكل رقم (11- 16): عملية لولبة داخلية متعددة الثقب آلية على جزء مدور

1- مثاقب اللولبة (Tap Drills).

من الواضح هنا إن اللوالب الموضحة لا تستطيع قطع الفتحة الخاصة بها. لهذا، يتم عمل الثقب وبحجم مناسب قبل أن يمكن إستخدام اللولبة، وعادة يتم الثقب بالمثقب. إن مثقب اللولبة ليس نوع خاص من المثاقب. إذ إن هذا المثقب ليس سوى طريقة ملائمة للإشارة إلى حجم المثقب المناسب ليتم إستخدامه قبل اللولبة. تستند أحجام مثقب اللولبة على 75٪ للسن المعطى في جداول المراجع.

إن الإتجاه اليوم في معامل عديدة من أجل حفظ اللوالب، الوقت، والمرفوضات هي لإستخدام (60٪- 65٪) من السن لحساب أحجام مثقب اللولبة. المثاقب وعمليات الثقب تم مناقشتها في الفصل التاسع. تركيبة لمثقب ولولبة موضحة في الشكل رقم (11- 17) وتستخدم للثقب واللولبة في مشوار واحد.

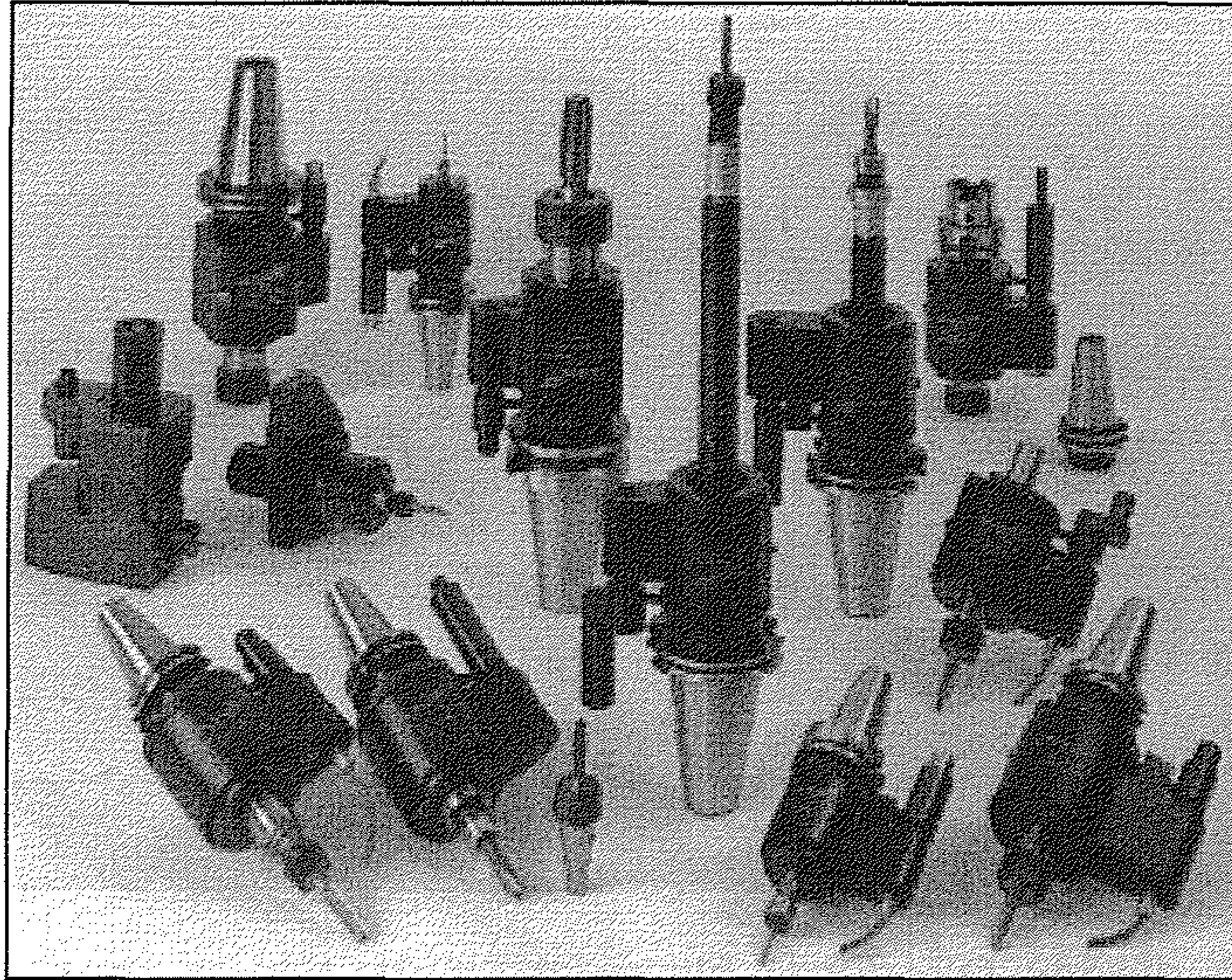


الشكل رقم (11- 17): تركيبة لمثقب ولولب

الثقب الأعمق يُسنن ، الأطول يتم ثقبه ولولبته ومن المحتمل جداً أن يتم كسر اللوالب. إذا كان هنالك أسنان قليلة جداً تمسك البرغي، فأن الأسنان سوف تجرد . في مكان فيما بين ، هنالك عمق لتعشيق السن الذي هو الأدنى والذي سوف يمسك بشكل كافي بحيث إن البرغي سوف ينكسر قبل أن تترك الأسنان بعضها وتسمى هذه الحالة العمق الأمثل (*Optimum Depth*). إن ثقب اللولب يجب أن يكون عميق كفاية في الثقوب المسدودة للسماح للأسنان المستدقة الإثنان إلى الخمسة على اللولب زائداً خلوص الرايش زائداً طرف المثقب.

2- **ماسكات العُدة** (Tool Holders).

تسمى ماسكات العُدة للولبة الداخلية اليدوية بمفاتيح ربط اللولبة "*Tap Wrenches*"، حيث هي نفسها للوالب والبَراغل (إنظر الشكل رقم (11- 7) و الشكل رقم (11- 13))، بسبب معظم اللوالب تمتلك ساق مربعة. مفاتيح ربط اللولبة قابلة للضبط يمكن أن تستخدم على أحجام لوالب عديدة. عندما تستخدم اللوالب في مكابس الثقب أو بين المراكز، فأنه يستخدم رأس خاص مع قابض إنعكاسي منزلق النوع. رؤوس اللولبة الداخلية هذه (الشكل رقم (11- 18)) يمكن أن تنصب بحيث سوف لا تنكسر منزلقات القابض واللولبة. هذه الرؤوس يتم تركيبها بحيث عندما يبدأ ذراع التغذية اليدوية أو دورة ماكنة التحكم الرقمي الآلي تبدأ للأعلى، سوف ينعكس الدوران (وغالباً يذهب أسرع) لجلب اللولبة بأمان خارج الثقب.



الشكل رقم (11- 18): أنواع رؤوس لولبة خاصة مع قوابض إنعكاسية، منزلقة النوع

3- تثبيت الشُغلة (Work Holding).

إن تثبيت الشُغلة للولبة الداخلية مشابه لما موجود في أي مكبس ثقب أو شُغلة المخرطة، القامطات، الملازم، المثبتات، وغيرها في حالة الحاجة إليها. من الضروري وضع اللولب بتمركز مستقيم في الثقب. وهذا الشيء يعتبر صعب في اللولبة الداخلية اليدوية ولكنه سهل نسبياً في اللولبة الآلية. التحكم الرقمي هو كفوء بشكل خاص، حالما يتم وضعه فوق الثقب، بغض النظر أين كان يثقب، إذا كان يثقب من نفس اللولبة وعلى نفس التنصيب.

التسنين أحادي الإتصال تمت مناقشته في الفصل السادس. مُحزز السن (*Thread Chasing*) أو صنع الأسنان الخارجية ينجز كذلك مع قوالب وكَفات لُقم اللولبة ذاتية الفتح. الشكل رقم (11- 19) يوضح عدد من رؤوس اللُقم ومُحززات اللُقم المستخدمة لصنع الأسنان .

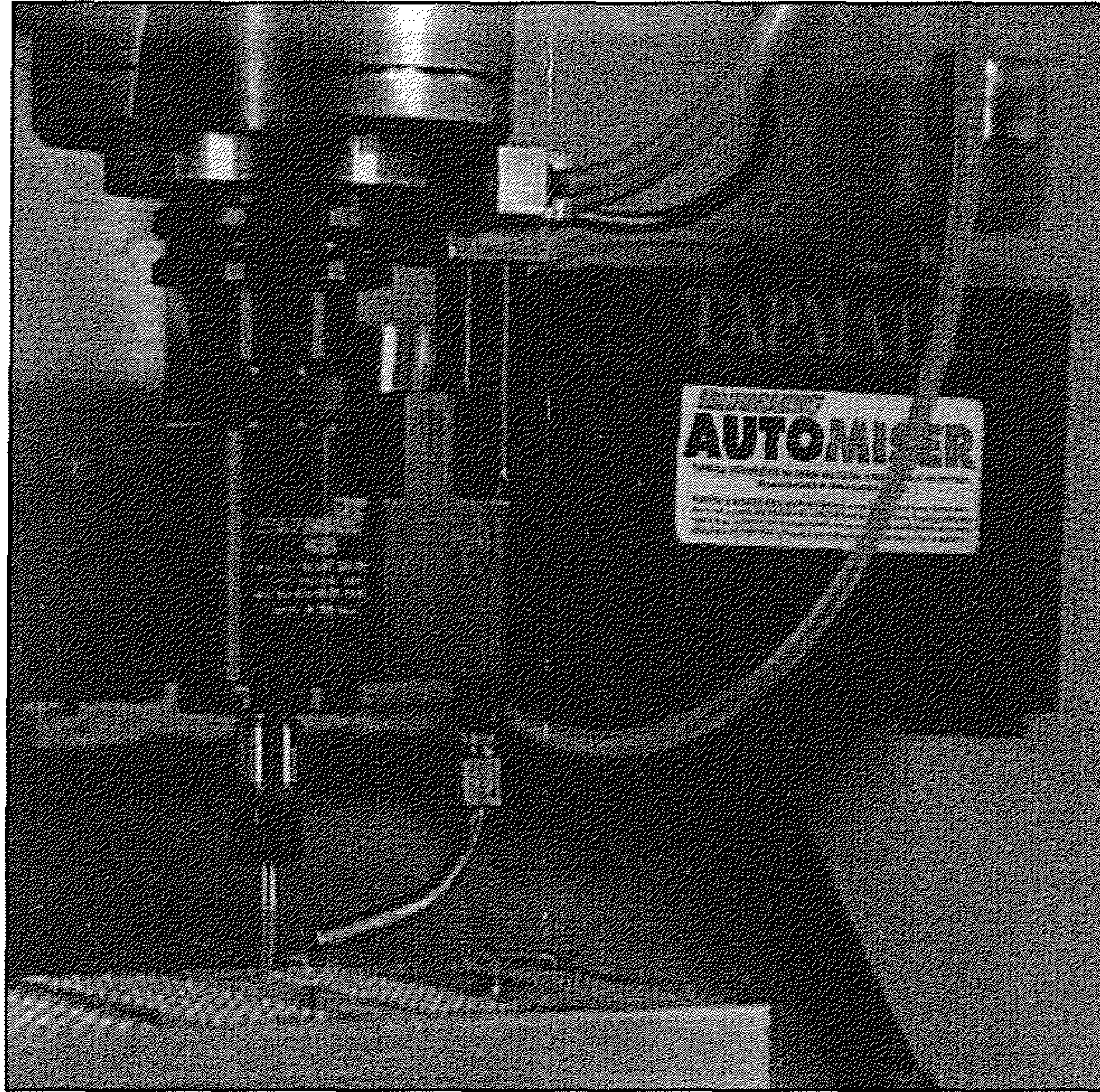


الشكل رقم (11- 19) : عدد من رؤوس اللُقم ومُحززات اللُقم المستخدمة لصنع الأسنان

4- التزييت (Lubrication).

تتغلغل حافات القطع على كل من اللوالب واللُقم في المادة، لذلك يكون التزييت ضروري للغاية. يستخدم الزيت الدهني الخفيف للألمنيوم، بقية المعادن تتطلب زيت ذو أساس كبريتي، في بعض الأحيان مكلور كذلك. الشكل رقم (11- 20) يوضح عملية لولبة داخلية مع نظام توزيع سائل آلي لمراكز التشغيل. وحدة السيطرة الآلية توضح هنا توزيع المُزيت/المُبرد خلال رأس اللولب آلياً، بينما الرأس في عمود دوران الماكنة.

سبائك النحاس تصطبغ بالكبريت، لذلك يجب إستخدام الزيوت المعدنية أو الزيت الذائب. حديد الزهر هو غالباً يسنن بدون أي تزييت. هنالك عِدة سوائل لولبة صناعية في السوق اليوم. وهي إلى حد ما أكثر كلفة لكنها ربما تحفظ كلفتها في أسنان أفضل وأطراف متكسرة أقل.

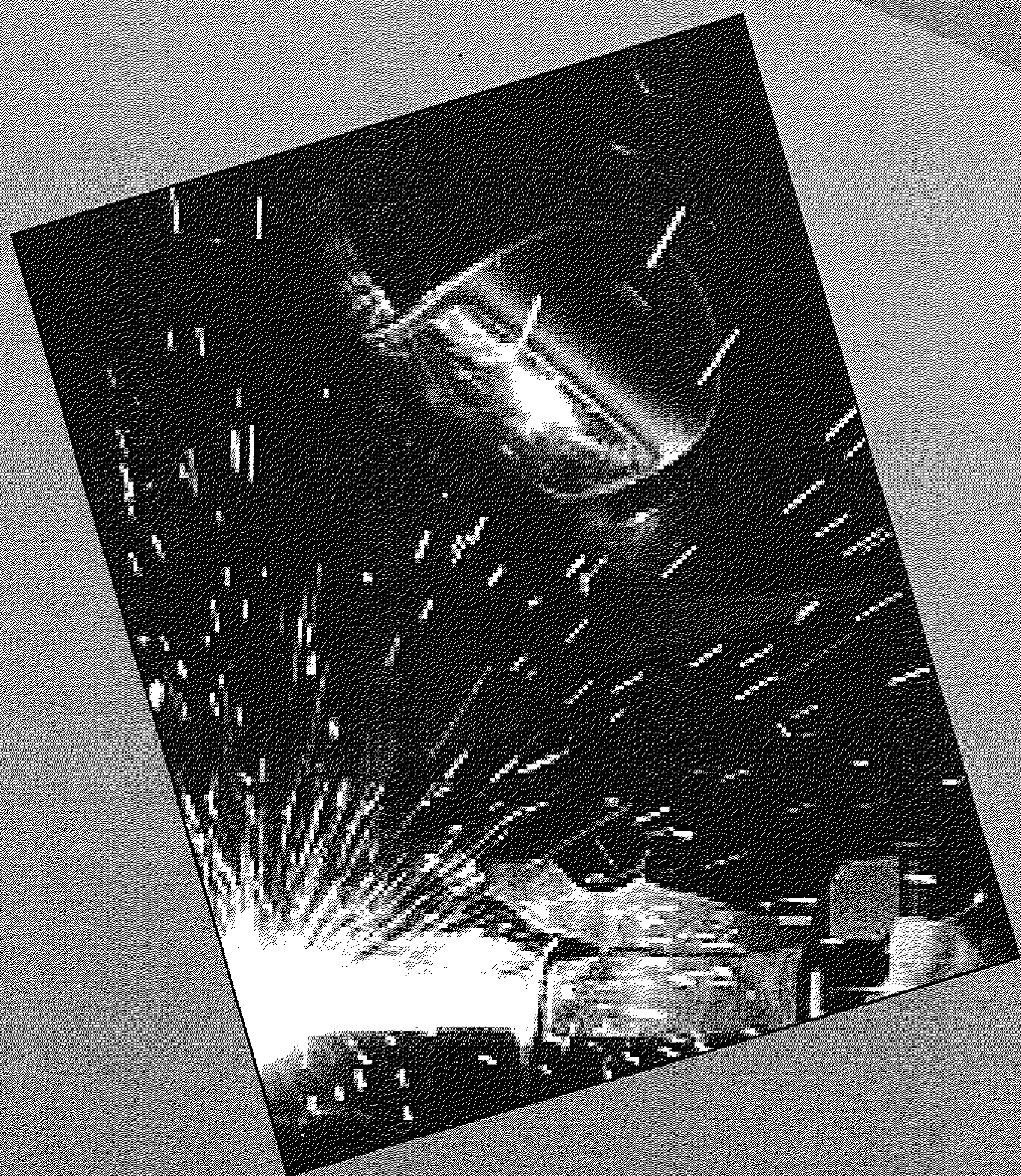


الشكل رقم (11- 20) : عملية لولبة داخلية مع نظام توزيع سائل آلي لمراكز التشغيل

الفصل الثاني عشر

قواطع وعمليات التفريز

Milling Cutters and Operations



12

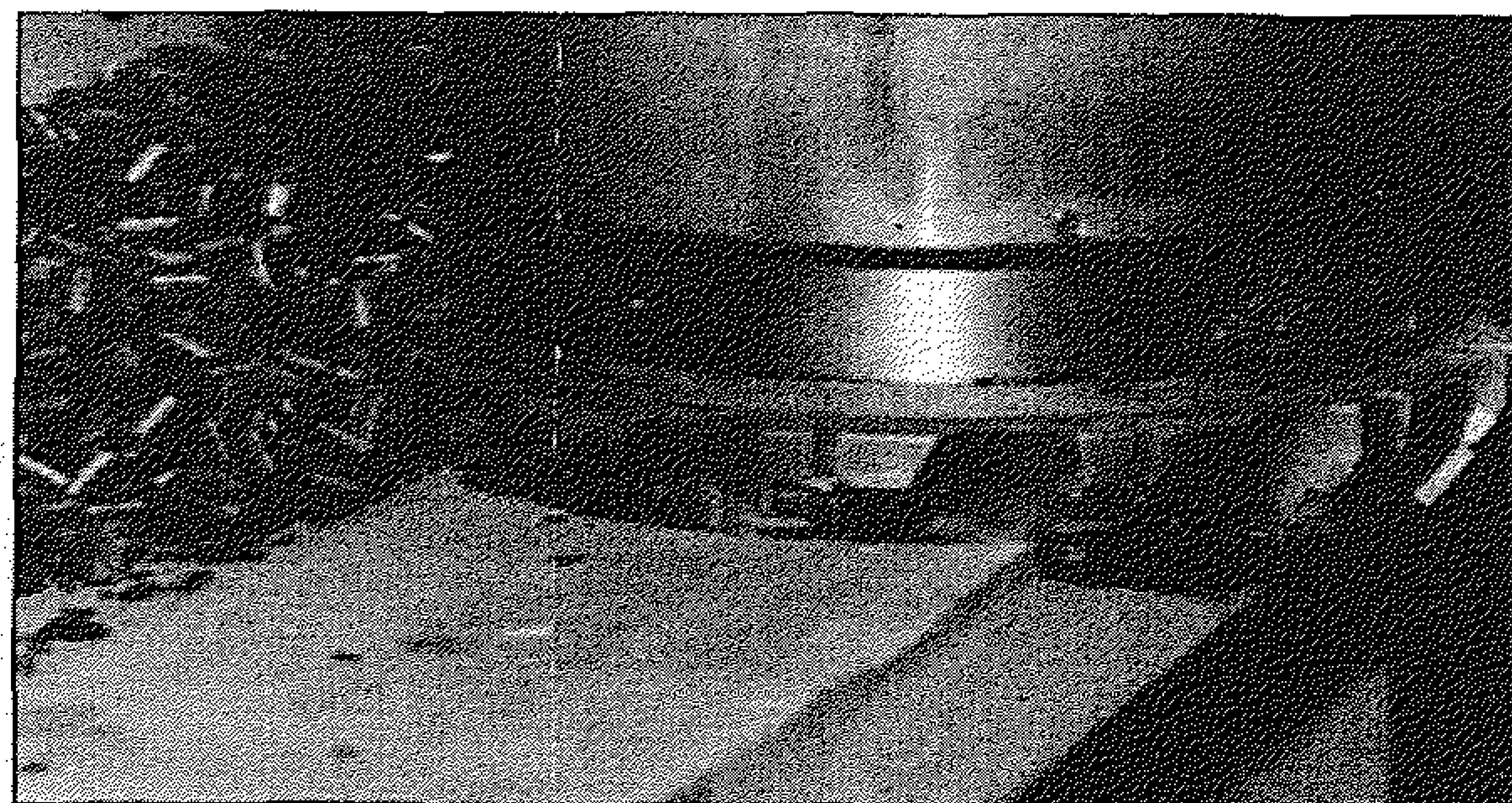
الفصل الثاني عشر

قواطع وعمليات التفريز

Milling Cutters and Operations

1.12 المقدمة (Introduction).

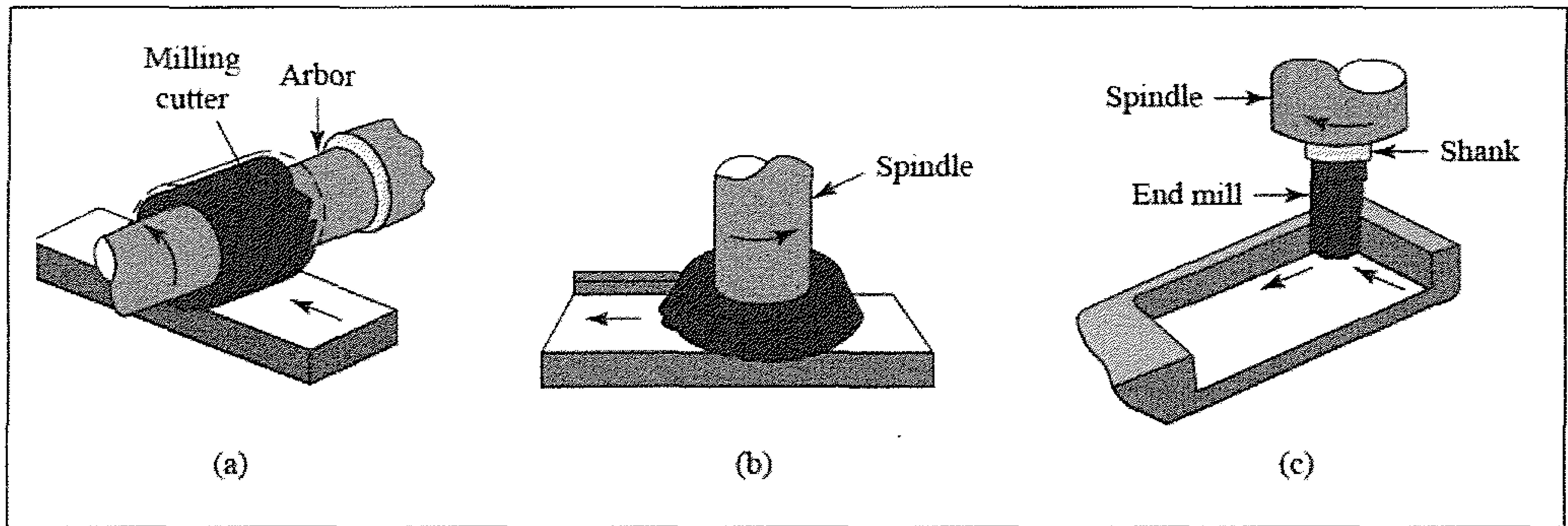
إن أنواع عُدة القطع الأساسية المستخدمة في صناعة تشغيل المعدن هما التصميم أحادي الإتصال (*Single Point*)، والتصميم متعدد الإتصال (*Multipoint*)، وعلى الرغم من أنها يمكن أن تختلف في المظهر وفي طريقة تطبيقها، ولكنها بشكل مبدئي تكون متشابهة في إن فعل قطع المعدن هو نفسه بغض النظر عن نوع العملية. وعند جمع عدد من العُدد أحادية الاتصال في ماسك دائري سوف ينشأ قاطع التفريز. التفريز هي عملية توليد سطوح مشغلة بواسطة الإزالة التدريجية لمقدار المادة المحسوبة مسبقاً من الشُغلة والتي تتقدم عند معدل حركة أو تغذية بطيئة نسبياً لقاطع التفريز الدوار بسرعة عالية جداً. إن الصفة المميزة لعملية التفريز هي أن كل قاطع تفريز يُزيل حصته من الخام بشكل رايش مفرد وصغير. عملية تفريز وجهي نموذجية موضحة في الشكل رقم (12- 1).



الشكل رقم (12- 1): عملية تفريز وجهي نموذجية باستخدام لُقمة ثابتة

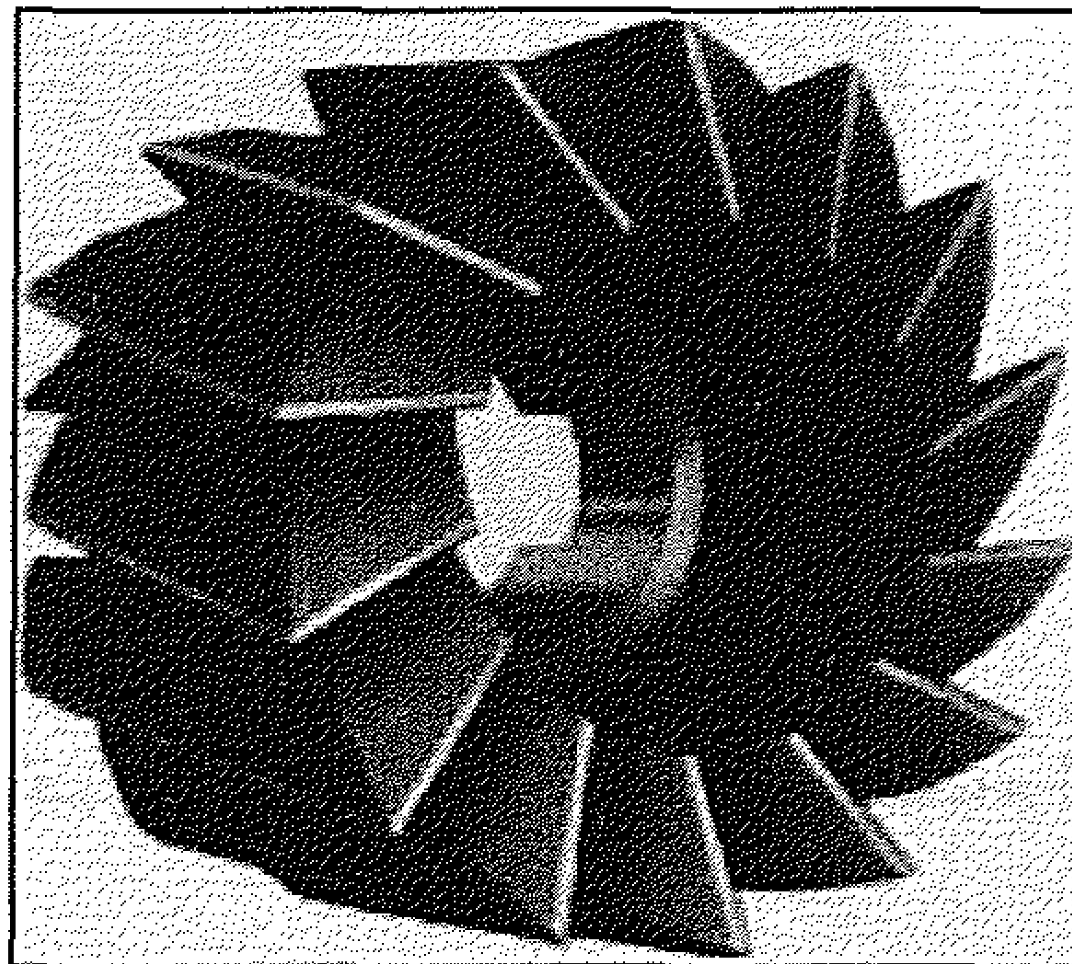
2.12 أنواع قواطع التفريز (Types of Milling Cutters).

إن التنوع الموجود في قواطع التفريز لكل أنواع ماكنات التفريز ساعد في جعل التفريز عملية تشغيل متعددة الجوانب بشكل كبير جداً. تصنع القواطع في مدى حجمي واسع ومواد عُدد قطع مختلفة، حيث يمكن أن تصنع من فولاذ السرعات العالية (*HSS*). والباقي يكون مُلقم بالكاربيد والعديد منها لُقم قابلة للإستبدال أو قابلة للتقسيم. عمليات التفريز الأمامية الثلاثة موضحة في الشكل رقم (12- 2). قواطع التفريز المحيطية والخلفية سوف تناقش أدناه.



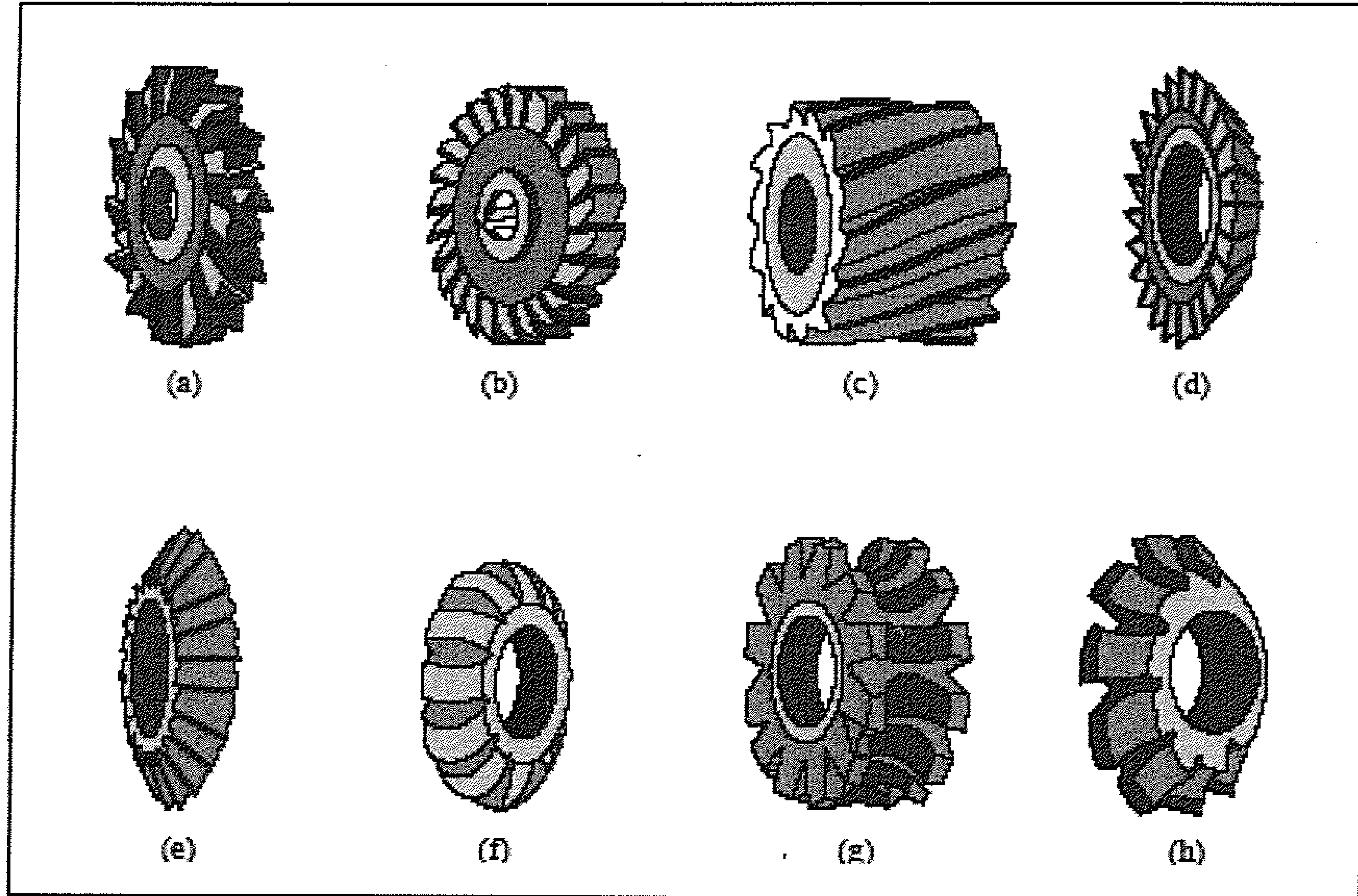
الشكل رقم (12- 2): a- التفريز العادي b- التفريز الوجهي c- التفريز

قواطع التفريز الوجهي عادة تكون قابلة للتقسيم وسوف تناقش لاحقاً في هذا الفصل. قاطع تفريز خلفي مجوف من فولاذ السرعات العالية موضح في الشكل رقم (12- 3).



الشكل رقم (12- 3):: قاطع تفريز خلفي مجوف من فولاذ السرعات

الشكل رقم (12- 4) يوضح قواطع فولاذ سرعات عالية شائعة.



الشكل رقم (12- 4): قواطع تفريز (*HSS*) شائعة

1.2.12 قواطع التفريز المحيطية (Periphery Milling Cutters) .

توضع قواطع التفريز المحيطية عادة بمحور لتنجز العمليات المتنوعة. وفيما يلي وصف موجز لكل منها.

1- القاطع الإعتيادي خفيف الإنجاز (Light Duty Plain Mill).

هذا القاطع هو قاطع عام الغرض لعمليات التفريز المحيطي. تحتوي القواطع الضيقة على أسنان مستقيمة. بينما الواسعة تمتلك أسنان حلزونية. قواطع التفريز الاعتيادية موضحة في الشكل رقم (c-4-12).

2- **القاطع الإعتيادي ذو الإنجاز العنيف** (Heavy Duty Plain Mill).

هذه القواطع مشابهة لقاطع الإنجاز الخفيف ماعدا انه يستعمل لمعدلات إزالة معدن أعلى. ولمساعدته في هذه الوظيفة، تكون أسنانها واسعة المساحات بشكل أكثر وزاوية الحلزون تزداد لحوالي (45°).

3- **قاطع التفريز الجانبي** (Side Milling Cutter).

يمتلك قاطع التفريز الجانبي حافة قطع على الجوانب إضافة للمحيط. هذا القاطع يسمح بتفريز الشقوق، (إنظر الشكل رقم (b-4-12)).

4- **قاطع التفريز الجانبي النصفي** (Half-Side Milling Cutter).

وهي نفس النوع السابق ماعدا إن حافات القطع تزود على جانب مفرد، وتستخدم لتفريز الأكتاف، ويوضع غالباً قاطعان من هذا النوع على محور مفرد للتفريز من الجانبين *Straddle Milling* .

5- **القاطع الجانبي متعرج الأسنان** (Stagger-Tooth Side Mill).

هذا القاطع يشبه قاطع التفريز الجانبي عدا إن الأسنان تكون متعرجة. بحيث إن كل سن آخر يقطع على جانب الشق المعطى، وهذا الشيء يسمح بأجراء قطوعات عميقة وعنيفة، هذا النوع من القواطع موضح في الشكل رقم (a-4-12).

6- **القواطع الزاوية** (Angle Cutters).

في حالة القواطع الزاوية، فأن حافات القطع المحيطية تقع على مخروط بدل الإسطوانة، ويمكن أن تزود بزاوية مفردة أو مزدوجة كما في الشكل رقم (e,d-4-12).

7- **قاطع التفريز الخلفي المجوف** (Shell End Mill).

يمتلك قاطع التفريز الخلفي المجوف حافات قطع محيطية زائداً حافات قطع وجهية على نهاية واحدة، ويمتلك تجويف يمر خلاله ،من أجل البرغي المستخدم في تثبيته لمحور الدوران ، كما موضح في الشكل رقم (12- 3).

8- **قاطع التفريز التشكيلي** (Form Mill).

القاطع التشكيلي هو قاطع محيطي الذي تُشكل حافته لإنتاج شكل خاص على السطح، مثل قاطع سن الترس. المحيط الدقيق لحافة القطع للقاطع التشكيلي يُعاد إنتاجها على سطح الشُغلة كما موضح في الشكل رقم (h, g, f-4-12) .

2.2.12 قواطع التفريز الخلفية (End Milling Cutters) .

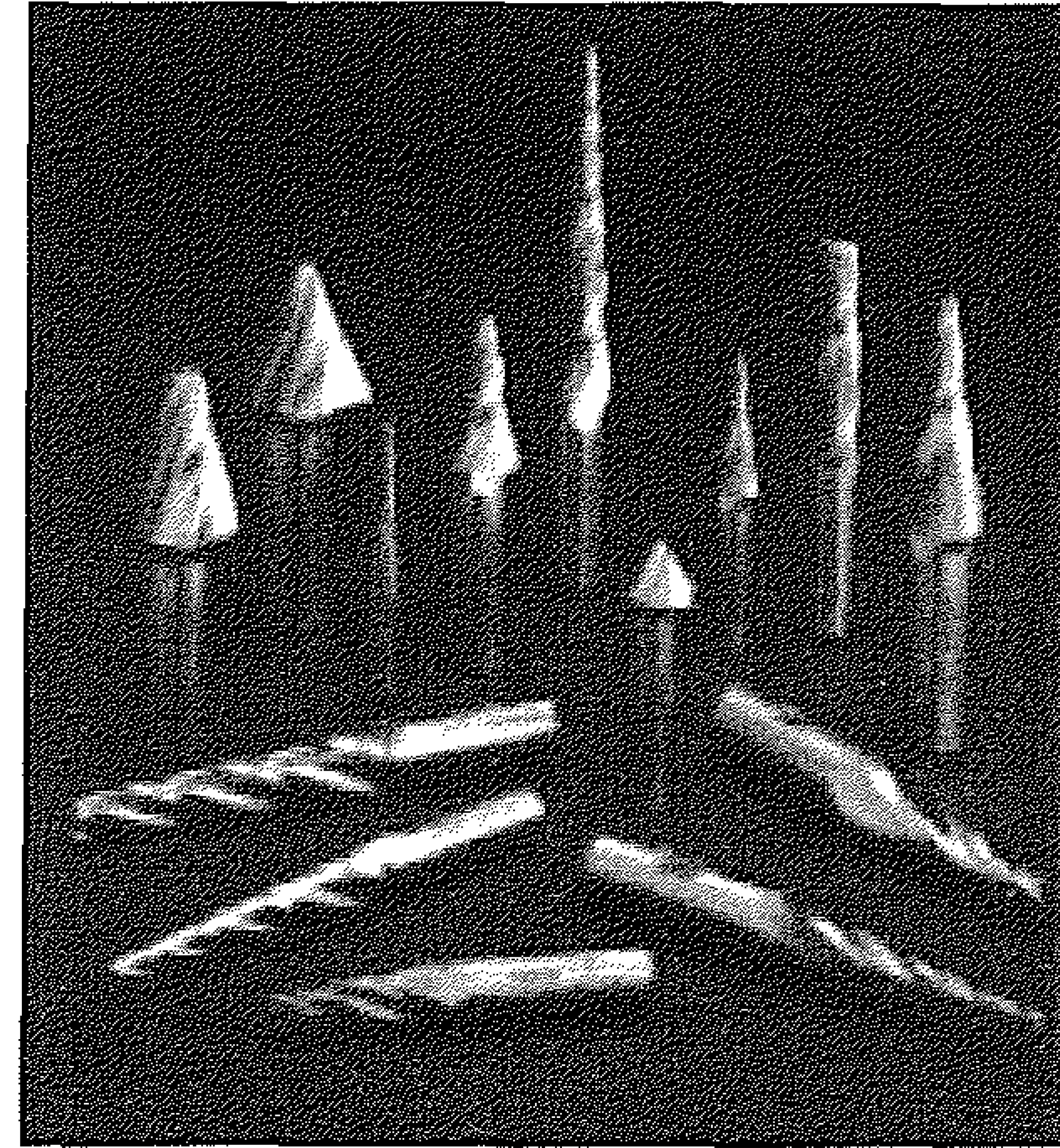
يمكن أن تستعمل القواطع الخلفية على سطح ماكنات التفريز العمودية والأفقية من أجل عمليات التسوية، صنع الشقوق، والتشكيل الجانبي. تصنع القواطع الخلفية غير المجوفة من فولاذ السرعات العالية أو الكاربيد المسمنت. الأنواع الأخرى، مثل القواطع المجوفة و القواطع الدوارة (*Fly Cutters*) تضم عُدد القطع التي تثبت بالبراغي أو بطريقة أخرى للوصلات الملائمة. وتقسم قواطع التفريز الخلفي إلى :

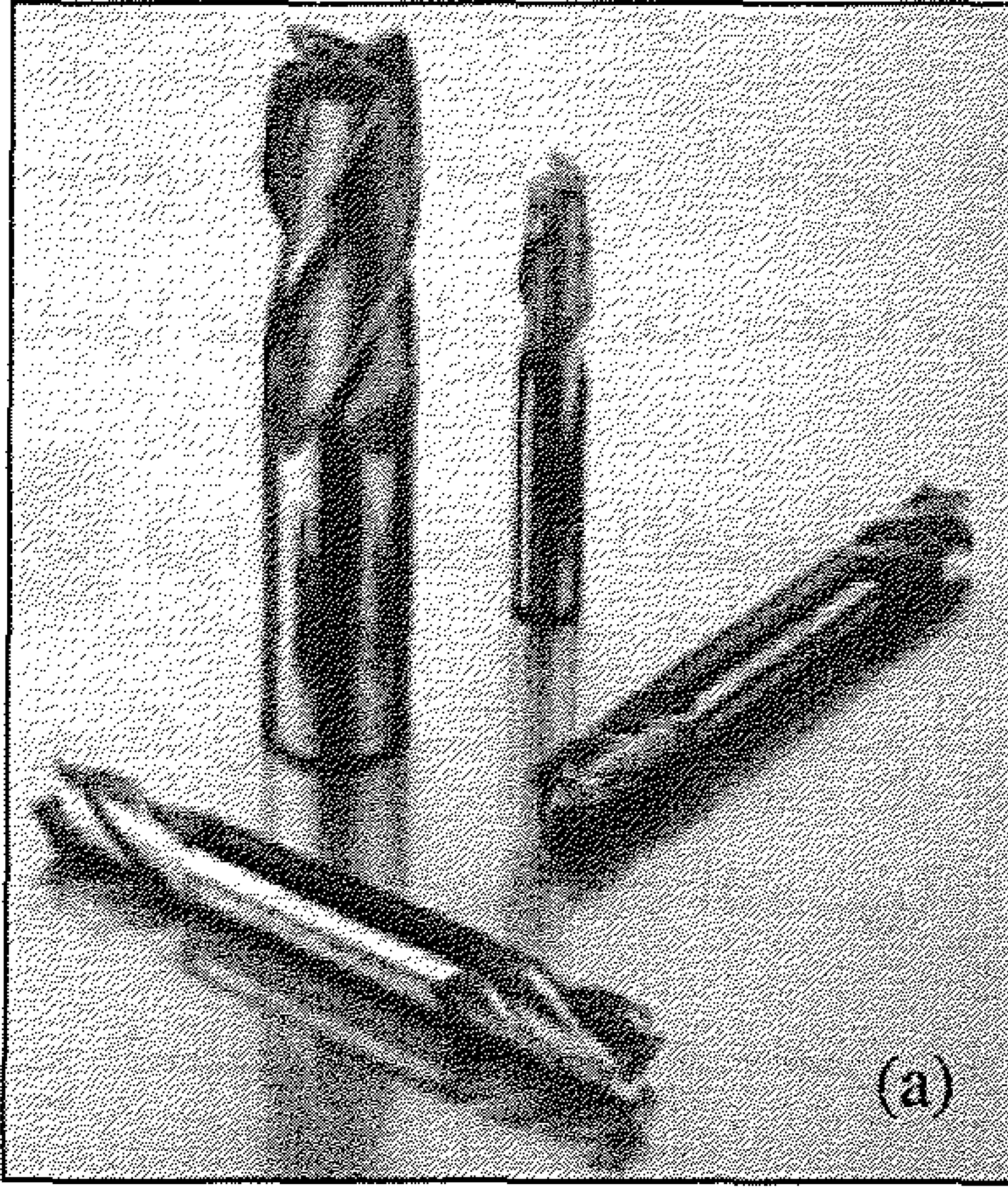
1- **قواطع التفريز الخلفية الصلدة** (Solid End Mill).

تمتلك قواطع التفريز إثنان، ثلاثة، أربعة أو أكثر من الأخاديد وحافات القطع تكون على النهاية والمحيط. القواطع الخلفية ثنائية التخديد يمكن أن تُغذى مباشرة على طول محورها الطولي داخل المادة الصلدة بسبب وجوه القطع على النهاية المتقابلة. قواطع الأخاديد الثلاثة والأربعة مع حافة قطع خلفية واحدة والتي تمتد فوق مركز القاطع يمكن كذلك أن تُغذى مباشرة داخل المادة الصلدة.

القواطع الخلفية الصلدة مزدوجة أو منفردة النهاية تكون مزودة بسيقان مستقيمة أو مستدقة. القاطع الخلفي يمكن أن يكون نوع قصير أو أبتر

(*Stub Type*) مع أخاديد قطع قصيرة، أو يكون فائق الطول ليصل إلى داخل الفجوات العميقة. في القواطع الخلفية المصممة للقطع الكفوء للألمنيوم تزداد زاوية الحلزون (*Helix Angle*) من أجل تحسين فعل القطع وإزالة الرايش ويمكن أن تصقل الأخاديد. قواطع تفريز خلفية متنوعة ذات نهايات مزدوجة ومفردة موضحة في شكل رقم (12-5-a) وقواطع تفريز خلفية مستدقة خلفية موضحة في شكل رقم (12-5-b).

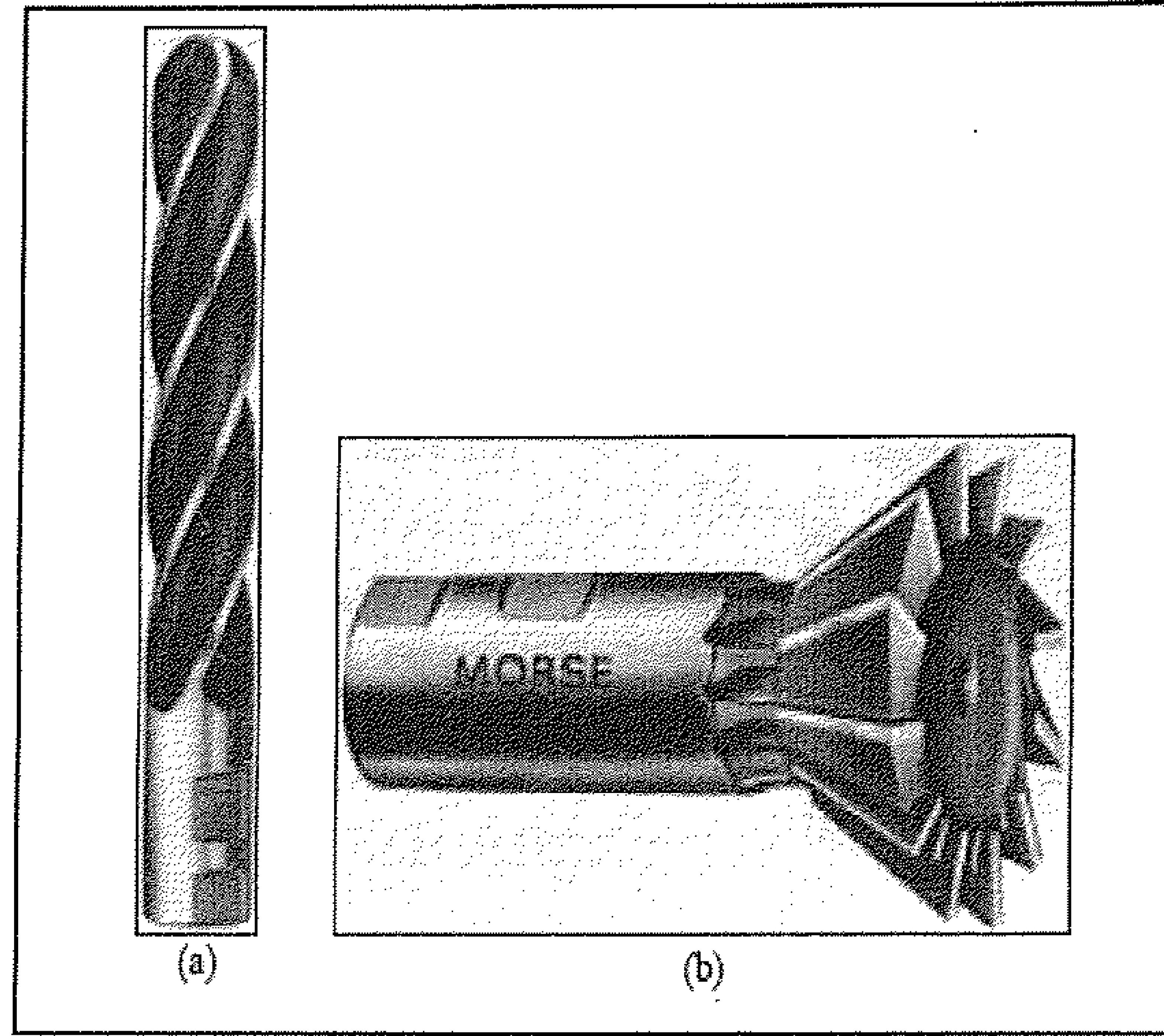




الشكل رقم (12- 5): a- عُدد تفريز متنوعة من HSS مفردة ومزدوجة النهاية b- عُدد تفريز متنوعة من HSS مستدقة النهاية

2- القواطع الخلفية الخاصة (Special End Mills).

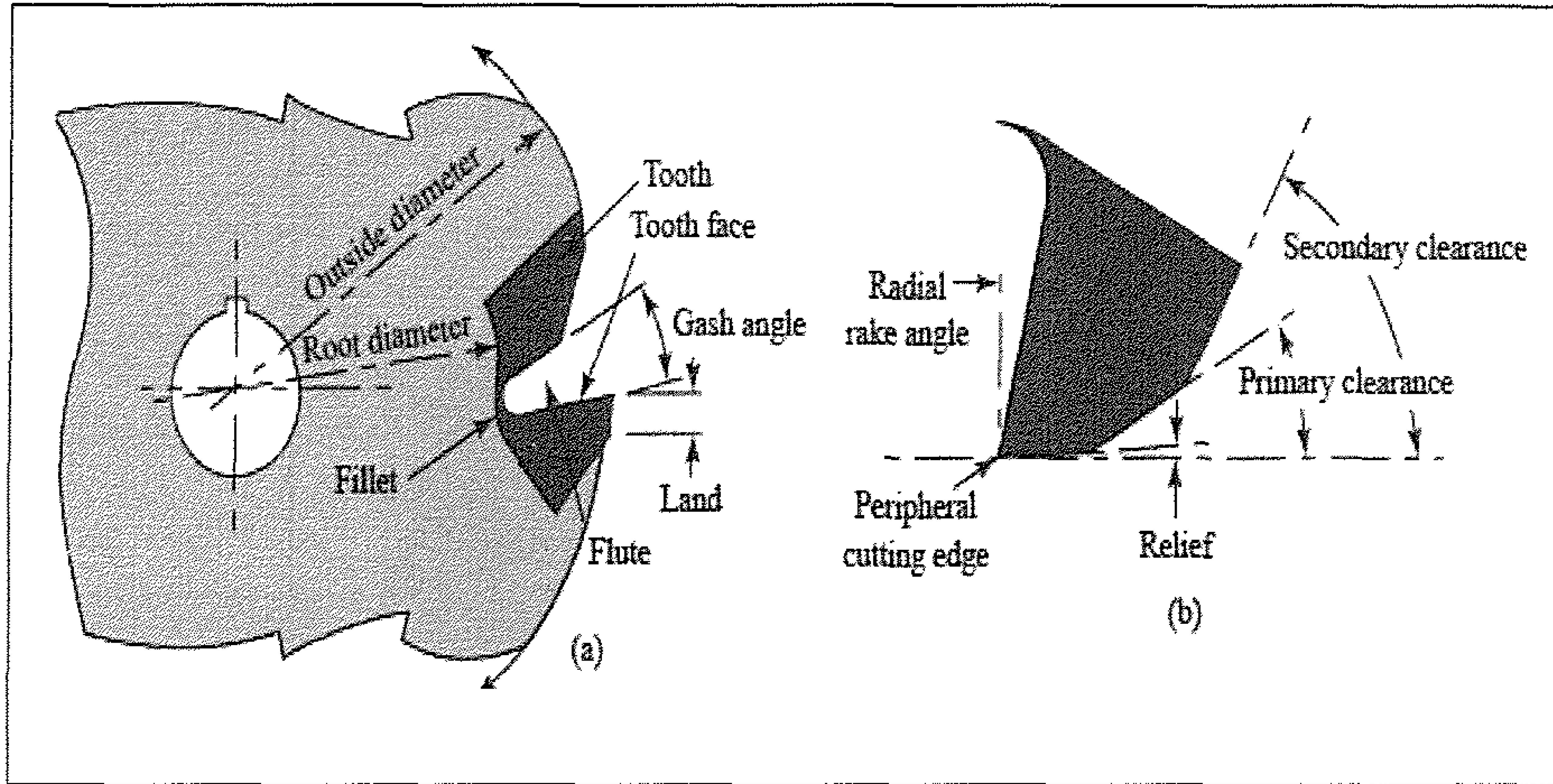
القواطع الخلفية الكروية (*Ball End Mills*) الموضحة في شكل رقم -a) (12-6 متوفرة في أقطار ذات مديات ($2\frac{1}{2}"-3\frac{1}{2}"$) في أنواع مفردة أو مزدوجة النهاية. القواطع الخلفية مفردة الغرض مثل قواطع ودروف -*Wood Ruff Key*) (*Seat Cutters*، القواطع مدورة الزاوية، و قواطع دوفيتل (*Dovetail*) الموضحة في الشكل رقم (12-6-b) تستخدم على ماكنات التفريز العمودية والأفقية. وتصنع عادة من فولاذ السرعات العالية ويمكن أن تمتلك سيقان مستقيمة أو مستدقة.



الشكل رقم (12- 6): a- قواطع التفريز الخلفية كروية المقدمة b- قواطع التفريز دوفتيل من HSS

3.12 مصطلحات قاطع التفريز (Milling Cutter Nomenclature)

بقدر ما يكون فعل القطع مهم فهو ذو علاقة وثيقة بالزوايا على السن والتي تعرف شكل حافة القطع، توجيه وجه السن، والخلوص اللازم لمنع الحك على الأرضية. المصطلحات الخاصة بقاطع التفريز ومعرفة أدناه ومدرجة في الشكل رقم (12- 7) وهذه المصطلحات مهمة وأساسية لشكل قاطع التفريز. وفيما يلي وصف لهذه المصطلحات.



الشكل رقم (12- 7): a - مصطلحات قاطع التفريز العادي b- هندسية سن قاطع التفريز العادي

1- القطر الخارجي (Outside Diameter).

القطر الخارجي لقاطع التفريز هو قطر الدائرة المارة خلال حافات القطع المحيطية، وهو البُعد المستخدم في الوصل مع سرعة عمود الدوران لإيجاد سرعة القطع (*SFPM*).

2- قطر الجذر (Root Diameter).

يقاس هذا القطر على الدائرة المارة خلال قعر شرائح الزاوية للأسنان (إنحناءات الأسنان).

3- السن (Tooth).

السن هو الجزء القاطع الذي يبدأ عند الجسم وينتهي مع محيط حافة القطع. تسمى الأسنان القابلة للإستبدال باللُقم (*Inserts*).

4- وجه السن (Tooth Face).

هو سطح السن بين الإنحناء وحافة القطع، حيث الرايش ينزلق أثناء تكونه.

5- **الأرضية** (Land).

المساحة خلف حافة القطع على السن، الفائدة منها هي تحرير السن وتجنب التداخل.

6- **الإخدود** (Flute).

الإخدود هو الفسحة التي تزود لجريان الرايش بين الأسنان.

7- **زاوية الحز** (Cash Angle).

تقاس زاوية الحز بين وجه السن ومؤخرة السن مباشرة إلى الأمام.

8- **الإنحناء** (Fillet).

الإنحناء هو نصف القطر عند قعر الإخدود، ويسمح بجريان الرايش وإلتفافه.

إن المصطلحات أعلاه تطبق أولاً لقواطع التفريز وخصوصاً لقواطع التفريز العادية*Plain) Milling Cutter*) ، وبتحديد هيئة الأسنان على القاطع، تصبح المصطلحات التالية مهمة :

1- **حافة القطع المحيطية** (Peripheral Cutting Edge).

حافة القطع المرصوفة بشكل أساسي في إتجاه محور القاطع تسمى حافة القطع المحيطية. وهي المسؤولة عن إزالة المعدن في التفريز المحيطي.

2- **حافة القطع الوجهية** (Face Cutting Edge).

وهي حافة إزالة المعدن المرصوفة أساسياً في الإتجاه نصف القطري. في التفريز الجانبي والتفريز الوجهي تكون هذه الحافة السطح الجديد بإزالة المعدن، على الرغم من أن حافة القطع المحيطية ربما تبقى تزيل معظم المعدن. هذه الحافة تكون مطابقة لحافة القطع الخلفية في العُدد أُحادية الإتصال.

3- **زاوية الخلاص** (Relief Angle).

هذه الزاوية تقاس بين الأرضية والمماس لحافة القطع عند المحيط .

4- **زاوية الخلوص** (Clearance Angle).

تزود هذه الزاوية لصنع مكان للرايش، لذلك يُصنع الإخدود. بشكل إعتيادي، تزود زاويتان للخلوص للحفاظ على مقاومة السن وتبقى تزود بحيز رايش كفوء.

5- **زاوية الجرف نصف القطرية** (Radial Rake Angle).

وهي الزاوية الواقعة بين وجه السن ونصف قطر القاطع مقاسة في المستوي العمودي لمحور القاطع.

6- **زاوية الجرف المحورية** (Axial Rake Angle).

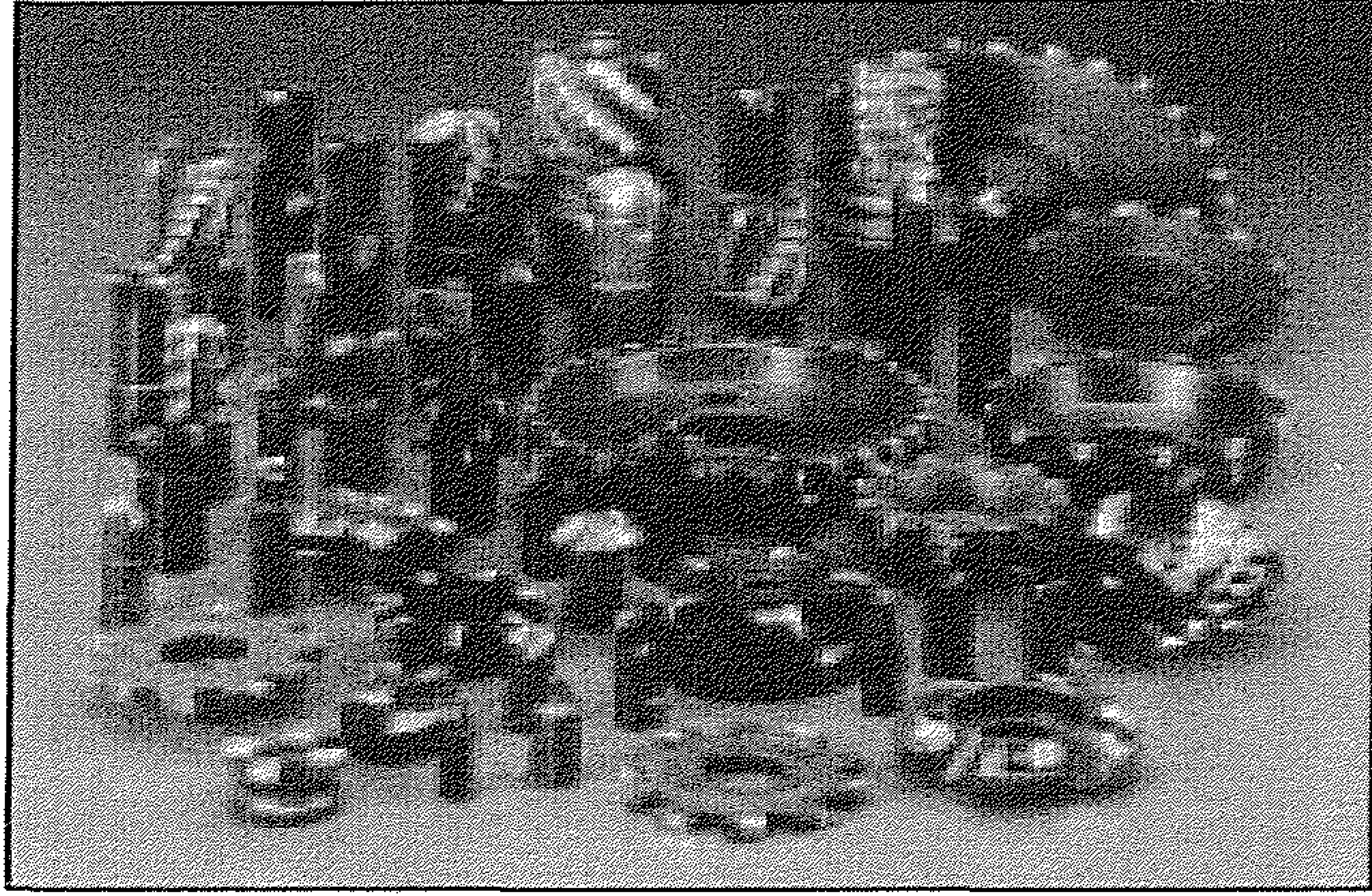
تقاس هذه الزاوية بين حافة القطع المحيطية ومحور القاطع عندما يتم النظر قطرياً عند نقطة التقاطع.

7- **زاوية وضع الشفرة** (Blade Setting Angle).

عندما يتم التزويد بشق في جسم القاطع من أجل الشفرة . الزاوية بين قاعدة الشق ومحور القاطع تسمى زاوية وضع الشفرة.

4.12 قواطع التفريز القابلة للتقسيم (Indexable Milling Cutters) .

لقد قُدمت الأنواع الثلاثة الأساسية لعمليات التفريز بشكل مبكر في هذا الفصل. الشكل رقم (12- 8) يوضح قواطع تفريز قابلة للتقسيم تستخدم في كل الأنواع الثلاثة الرئيسية لعمليات التفريز (الشكل رقم (12- 2)). هنالك أنظمة متنوعة لربط اللُقم القابلة للتقسيم في أجسام قاطع التفريز. الأمثلة الموضحة تغطي معظم الطرق الشائعة الآن في الإستخدام.



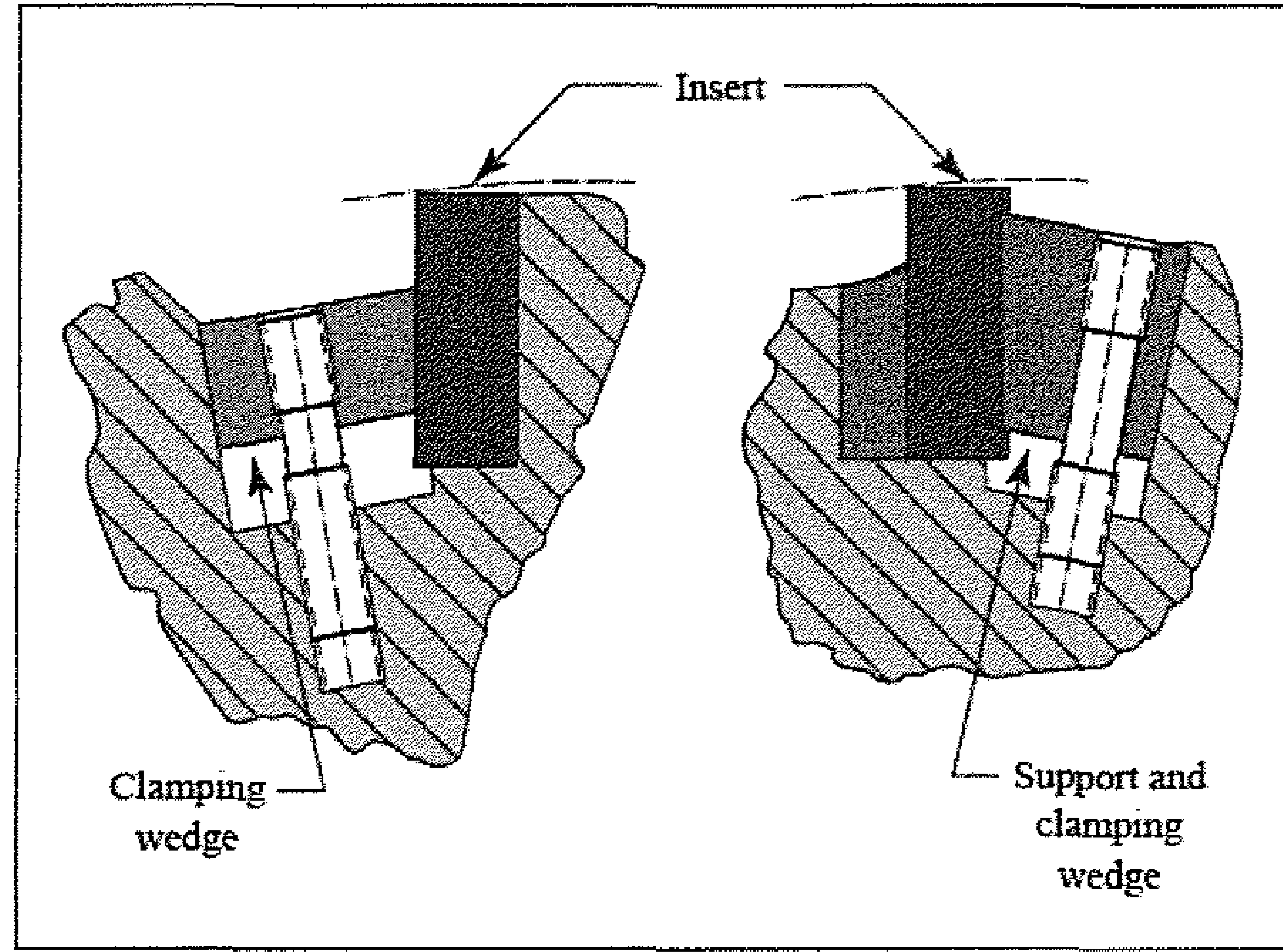
الشكل رقم (12- 8): قواطع تفريز قابلة للتقسيم متنوعة الأشكال

1.4.12 الربط الإسفيني (Wedge Clamping) .

إستخدمت هذه الطريقة منذ سنوات عديدة في صناعة عُدد القطع لتثبيت لُقم التفريز. ويطبق هذا المبدأ بشكل عام بواحدة من الطرق التالية :

1. أما يصمم الإسفين ويوجه لإسناد اللُقمة كما يثبتها.
2. أو يربط الإسفين على وجه القطع للُقمة ، ويقوي اللُقمة ضد جسم التفريز.

وفي حالة إستخدام الإسفين لإسناد اللُقمة ، فأنه يجب أن يمتص كل القوة المتولدة أثناء القطع. ولهذا السبب يفضل ربط الإسفين على وجه القطع للقمة ، حيث هذه الطريقة تنقل الأحمال المتولدة بواسطة القطع خلال اللقمة والى داخل جسم القاطع. كلا الطريقتين لربط الإسفين موضحة في الشكل رقم (12- 9).



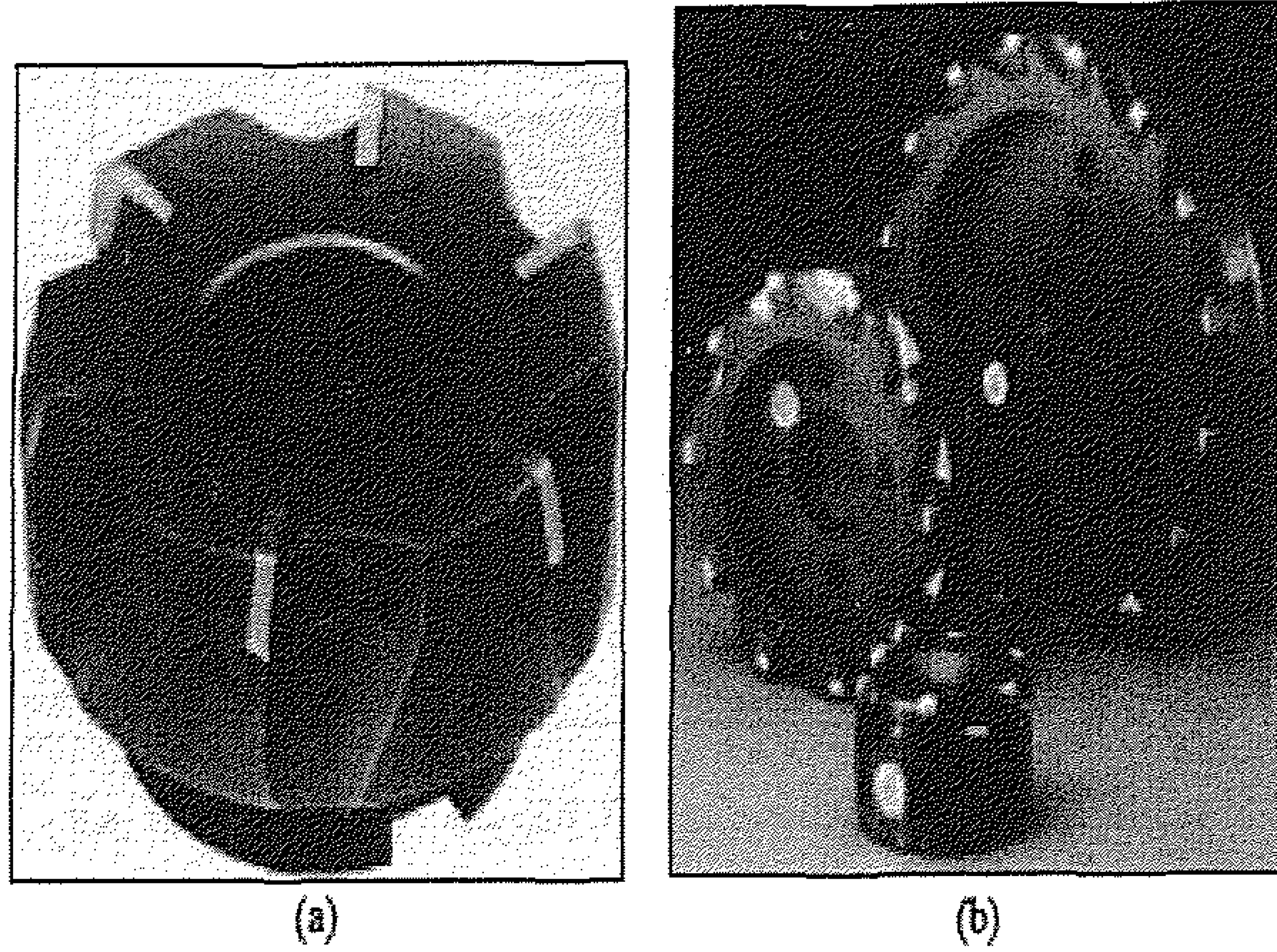
الشكل رقم (12- 9): طُرق ربط الإسفين للُقم قاطع التفريز القابلة للتقسيم

وعلى أية حال ، يمتلك نظام الربط بالإسفين مُحددين بارزين هما :

1- يغطي الإسفين معظم نصف وجه قطع اللُقمة، لهذا يُعاق جريان الرايش الإعتيادي بينما ينتج البلى السابق لأوانه على جسم القاطع.

2- تسبب قوى الربط العالية عنصر التثبيت لذلك سوف ينتج غالباً تشوه جسم القاطع.

يمكن أن تسبب قوى الربط المفرطة تشوه جسم القاطع الكافي والذي يسبب في بعض الحالات تضيَق شق اللُقمة الأخير عندما تُحمل داخل جسم القاطع، لذلك فأن آخر لُقمة سوف لن تتوافق داخل الجسم. وعندما يحدث هذا الشيء، فأن اللُقم المحملة في قاطع التفريز سوف تُزال ليعاد ترتيبها من جديد. يمكن أن يستخدم الربط الإسفيني لربط اللُقم المفردة كما في الشكل رقم (a-10-12)، أو في ظروف قاطع التفريز المقسمة والقابلة للإستبدال كما موضح في الشكل رقم (b-10-12).

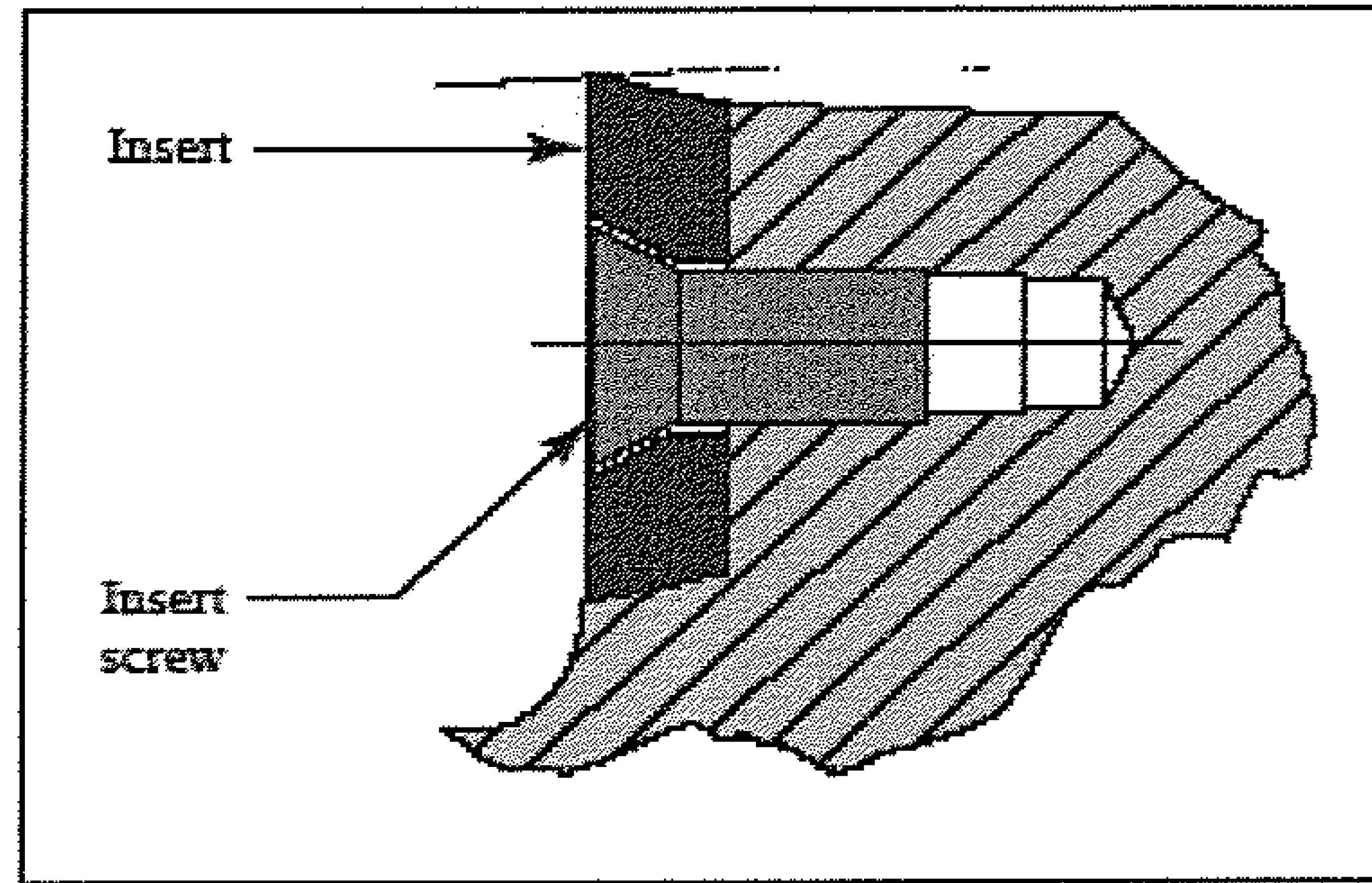


الشكل رقم (12- 10): a- قاطع تفريز وجهي مع لُقم مقسمة مربوطة بالإسفين
b- قاطع تفريز وجهي مع لُقم مقسمة وظروف التفريز ذات الرابط الإسفيني

2.4.12 الربط اللولبي (Screw Clamping).

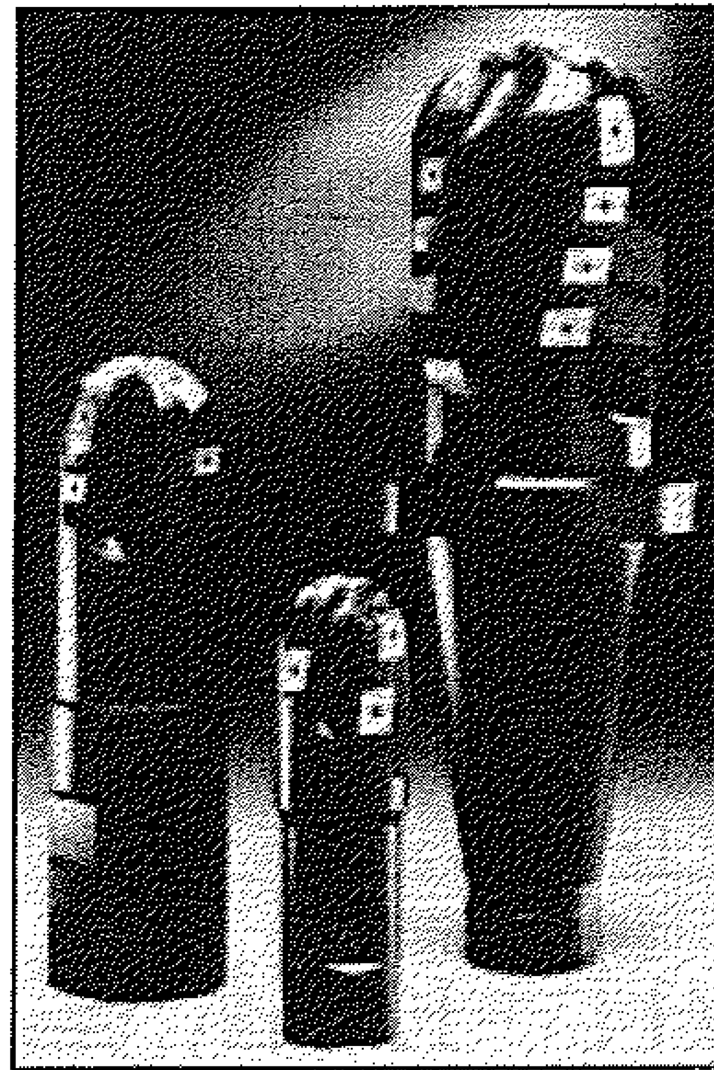
تستخدم طريقة الربط هذه باقتراب مع اللقمة التي تمتلك ثقب مضغوط. عزم اللولب يستخدم غالباً للإسناد اللآمركزي وتقوية اللقمة ضد جدران حافظة اللقمة. ينتج فعل الربط هذا أما بإزاحة الخط المركزي للولب نتيجة للجدران الخلفية الحافظة للقمة، أو بواسطة ثقب ولولبة تجويف التثبيت عند زاوية خفيفة، وبتلك الوسيلة ينحني اللولب للحصول على نفس نوع فعل الربط. طريقة الربط اللولبي موضحة في الشكل رقم (12- 11).

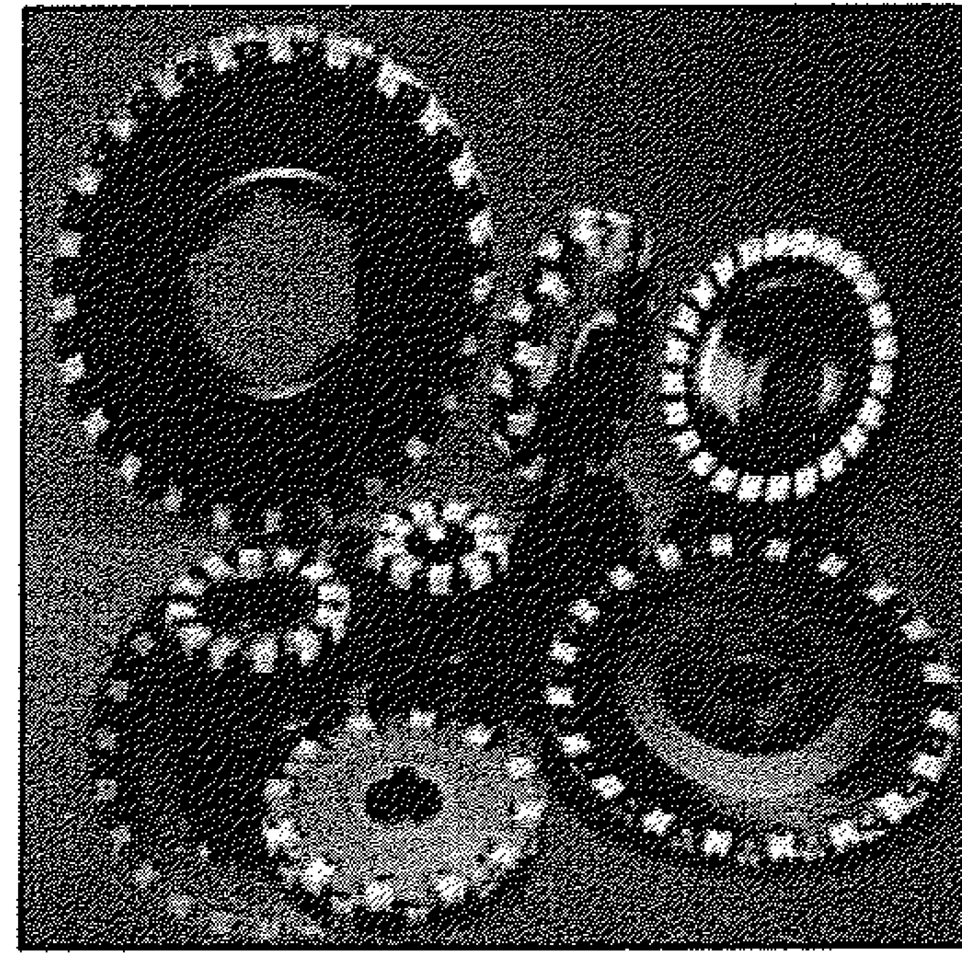
الربط اللولبي ممتاز لقاطعات التفريز صغيرة القطر. حيث الفراغ يكون ممتاز، كذلك يزود الربط اللولبي بمجرى مفتوح غير معيق للرايش لينساب بشكل حر عما هو في الإسفين أو أية وسيلة إعاقة أخرى. الربط اللولبي ينتج قوى ربط منخفضة عما يتم الحصول عليه مع نظام الربط الإسفيني على أية حال، عندما ترتفع درجة حرارة حافة القطع بشكل ملحوظ، تمتد اللقمة بشكل كبير ومتكرر مسببة تأثير إعادة شد غير مرغوب به. رافعاً العزم اللازم لفك لولب اللقمة.



الشكل رقم (12- 11): طريقة التثبيت بالربط اللولبي للُقم المقسمة

طريقة الربط اللولبي يمكن أن تستخدم على قاطعات التفريز الكروية القابلة للتقسيم كما في الشكل رقم (a-12-12)، أو على اللقمة المقسمة لقاطعات التفريز الوجهية والشقوق كما في الشكل رقم (b-12-12).


(a)

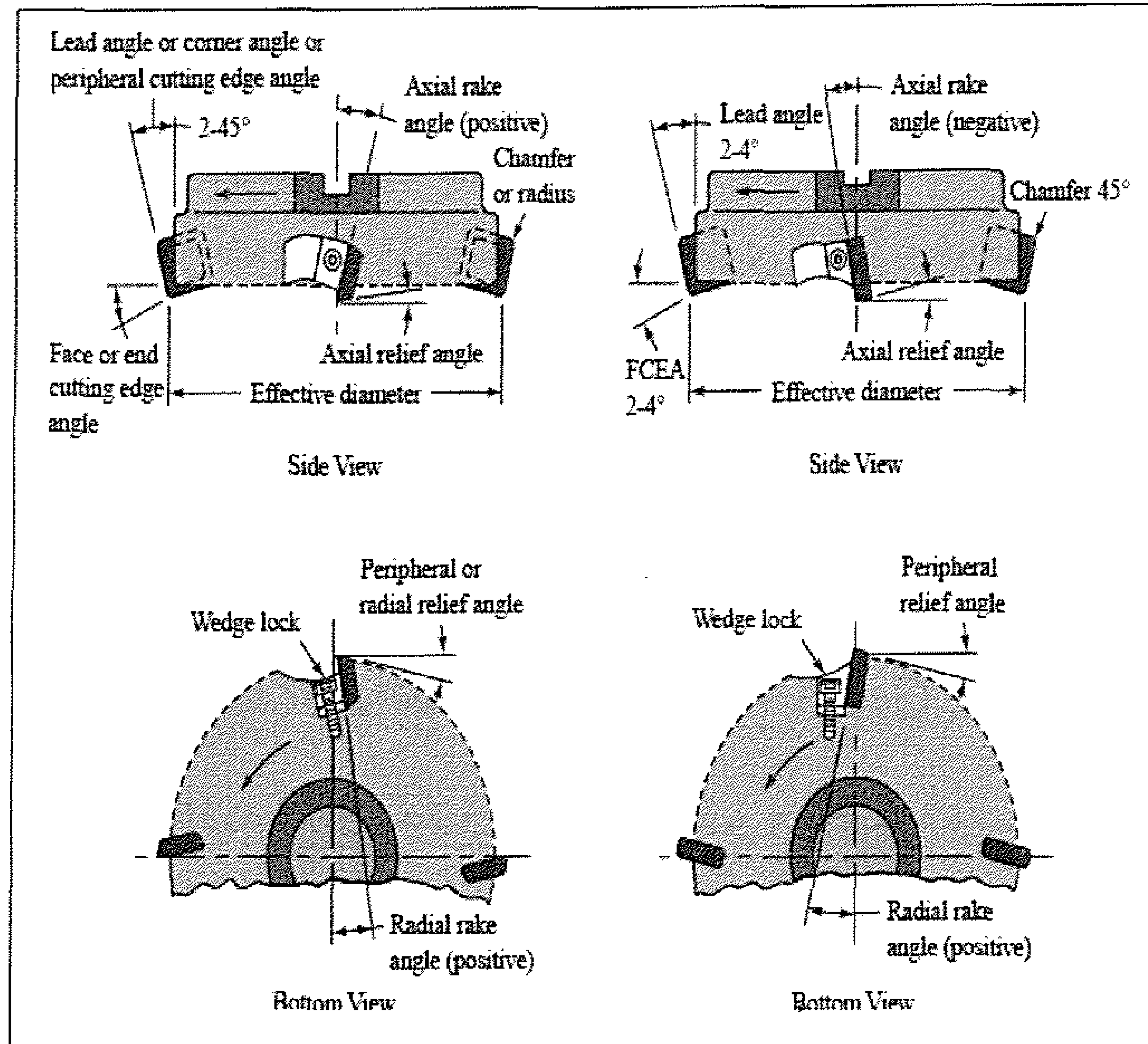

(b)

الشكل رقم (12- 12): a- قاطعات تفريز كروية المقدمة تستخدم للربط اللولبي
b- قاطعات شقوق وتفريز وجهي مع لقم مقدمة ذات ربط لولبي

5.12 هندسية قاطع التفريز (Milling Cutter Geometry).

هنالك ثلاثة هندسيات صناعية قياسية لقاطع التفريز هي السالبة المزدوجة، الموجبة المزدوجة، والموجبة/السالبة. كل نوع من هذه الهندسيات يمتلك مميزات ومُحددات معينة والتي يجب أن تؤخذ بنظر الإعتبار عند إختيار قاطع التفريز

الصحيح لإنجاز عمل ما. هندسيات الجرف الموجبة والجرف السالبة لقاطع التفريز موضحة في الشكل رقم (12- 13).



الشكل رقم (12- 13): مصطلحات قاطع التفريز الوجهي موجب الجرف وسالب الجرف

1.5.12 الهندسية السالبة المزدوجة (Double Negative Geometry)

يستخدم قاطع التفريز السالب فقط لقم سالبة مثبتة في حافظة سالبة، وهذا الشيئ يزود حافة القطع مقاومة من اجل القطوعات الخشنة والقطوعات المتقطعة العنيفة. عند اختيار هندسية القاطع فمن المهم تذكر إن اللقمة السالبة تميل لدفع القاطع بعيداً، بان له قوة معتبرة ضد الشُغلة، وهذا يمكن أن يكون مشكلة عند تشغيل شُغلات ممسوكة بشكل ركيك، أو عند استخدام ماكنات خفيفة. على أية حال، هذا الميل لدفع العمل للأسفل أو دفع القاطع بعيداً عن الشُغلة يمكن أن يكون مفيداً في بعض الحالات بسبب إن القوة تميل "لتحميل" النظام والذي غالباً يختزل الاصطكاك.

2.5.12 الهندسية الموجبة المزدوجة . (Double Positive Geometry)

القاطعات الموجبة المزدوجة تستخدم لقم موجبة ممسوكة في حافظات موجبة، لإعطاء خلوص مناسب من اجل القطع. تزود هندسية القاطع الموجبة المزدوجة من أجل قوة قطع واطئة. ولكن اللقم تلامس الشُغلة عند أضعف نقطة لها، حافة القطع. في تفريز الجرف الموجب، تميل قوى القطع لرفع الشُغلة أو سحب القاطع داخل الشُغلة. الميزة الكبيرة للتفريز الموجب هو القطع الحر. أقل قوة تبذل ضد الشُغلة. لذلك يحتاج الى اقل قدرة، وهذا يمكن أن تكون مساعدة خصوصاً مع تشغيل المواد التي تميل للتصليد بالتشكيل.

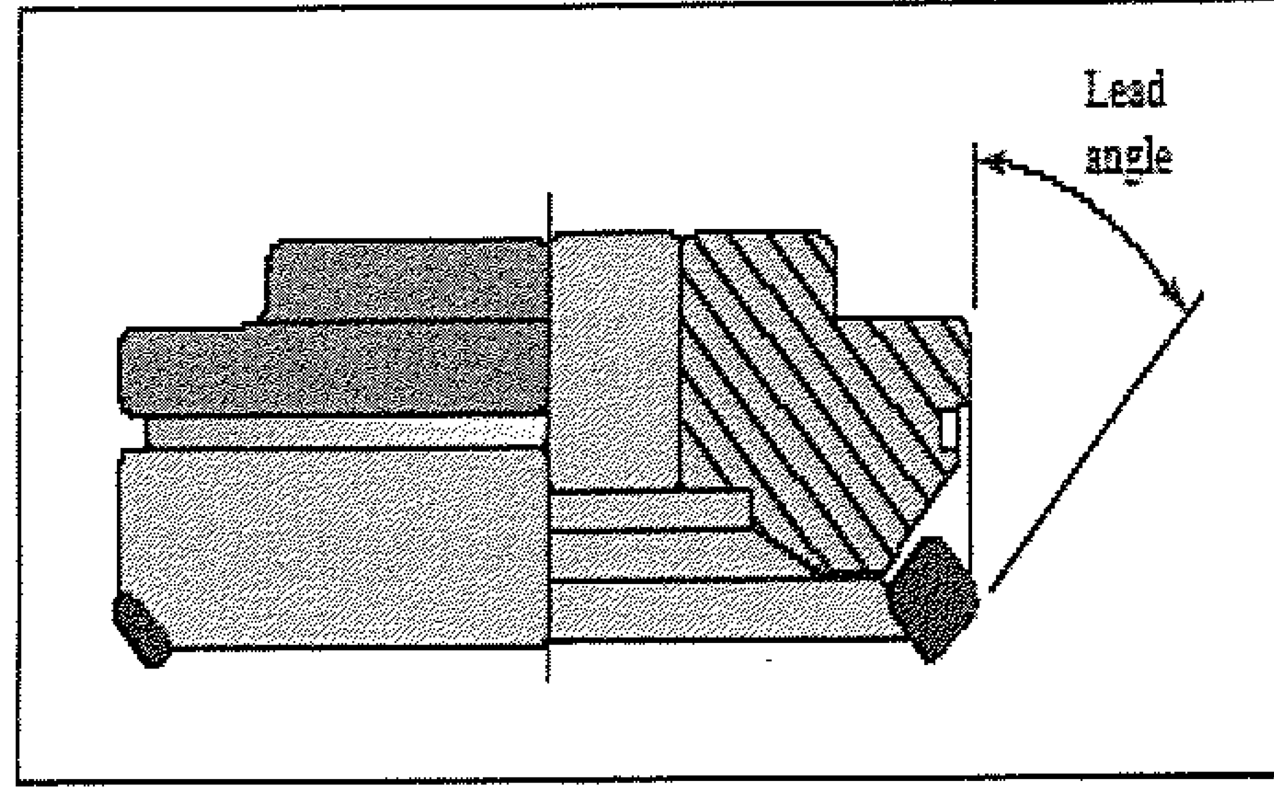
3.5.12 الهندسية الموجبة/السالبة . (Positive\Negative Geometry)

تضم هندسية القاطع الموجبة/السالبة لقم موجبة ممسوكة في حافظات سالبة، وهذا الشيئ يعطي جرف محوري موجب وجرف نصف قطري سالب، وكما في اللقم الموجبة المزدوجة. فأن هذا يعطي خلوص مناسب من أجل القطع.

في حالة القاطعات الموجبة/السالبة، تتصل الشُغلة بعيداً من حافة القطع في الاتجاه نصف القطري وعلى حافة القطع في الاتجاه المحوري. ويمكن أن يعتبر القاطع الموجب/السالب قاطع واطئ القوة وذلك بسبب كونه يستعمل لقمة قطع موجب حرة. من ناحية أخرى، القطع الموجب/السالب يعطي اتصال بعيد من حافة القطع في الاتجاه نصف القطري، اتجاه التغذية لوجه قاطع التفريز. في التفريز الموجب/السالب، تتوفر بعض المميزات لكل من التفريز الموجب والتفريز السالب. يضم التفريز الموجب/السالب القطع الحر أو القص البعيد للرايش للقاطع الموجب مع بعض مقاومة الحافة للقطع السالب.

4.5.12 زاوية المقدمة (Lead Angle) .

زاوية المقدمة الموضحة في الشكل رقم (12- 14) هي الزاوية بين اللُقمة ومحور القاطع. وهنالك عِدة عوامل يجب أن تؤخذ بنظر الإعتبار لتحديد أي زاوية مقدمة هي الأفضل من أجل عملية معينة.



الشكل رقم (12- 14): رسم زاوية المقدمة الموجبة على قاطع تفريز وجهي ذو لُقمة

زاوية المقدمة يجب أن تكون صغيرة بشكل كبير لتغطي عمق القطع. زاوية المقدمة الكبيرة، تعني أقل عمق قطع يمكن أن ينجز للُقم ذات الحجم المُحدد. إضافة إلى ذلك، ربما يحتاج الجزء المراد تشغيله زاوية مقدمة صغيرة لتشكيل شكل معين على الجزء. عند زيادة زاوية المقدمة، تتغير القوى نحو إتجاه الشُغلة. وهذا الشيء ربما يسبب الإنحرافات عند تشغيل مقاطع نحيفة للشُغلات. تُحدد زاوية المقدمة كذلك سُمك الرايش، حيث زاوية المقدمة الكبيرة ولنفس معدل التغذية أو تحميل الرايش لكل سن تجعل الرايش أنحف. وكما في العُدد مفردة الإتصال فأن عمق القطع يتوزع فوق أطول سطح للإتصال، لذلك يوصى بقواطع زاوية المقدمة عندما يكون الهدف إزالة أقصى مادة .

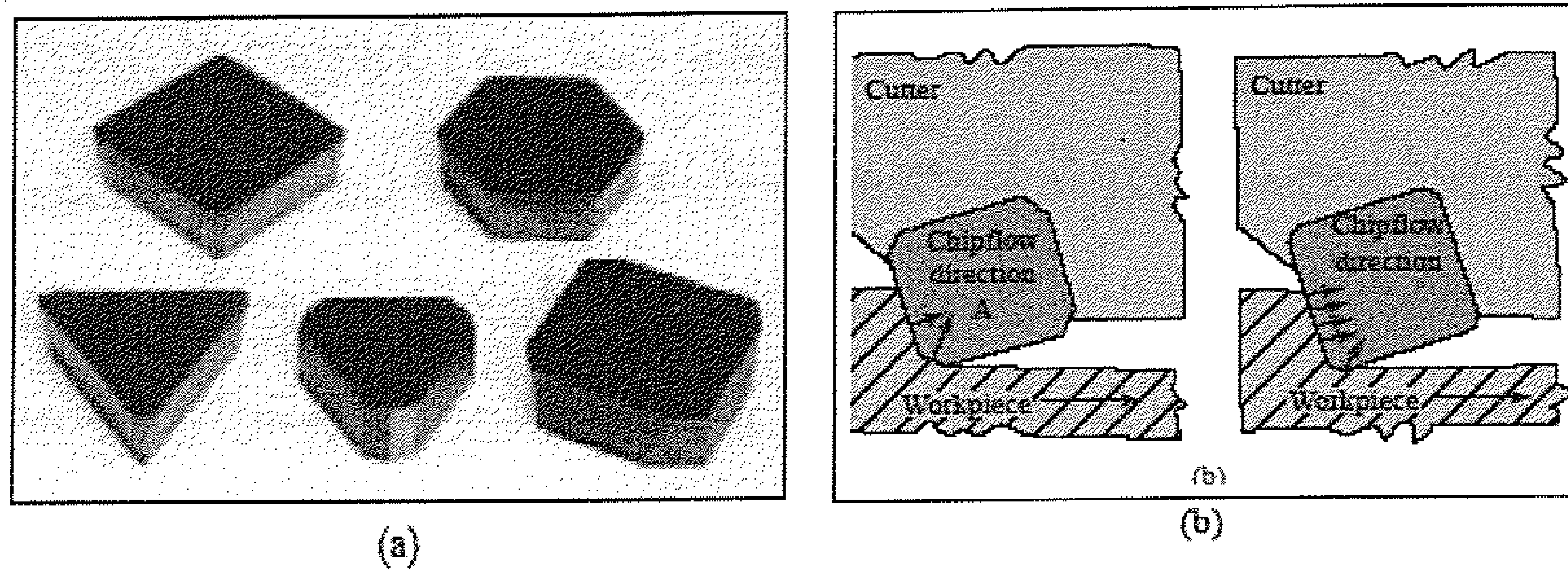
يسمح تنحيف الرايش بزيادة معدل التغذية أو يصبح أقصى ما يمكن. يمكن أن تمتد زوايا المقدمة من (0° -85°). زوايا المقدمة الشائعة والمتوفرة على القاطعات القياسية هي (0°، 15°، 30°، 45°). زوايا المقدمة الأوسع من (45°) تعتبر خاصة وتستخدم من أجل القطوعات الضحلة جداً للإنهاء الناعم أو من أجل قطع مواد صلدة جداً. تمتلك زوايا المقدمة الواسعة كذلك قدرة على تشتيت كبير للحرارة.

تتولد درجات حرارية عالية بشكل كبير عند حافة قطع اللُقمة بينما اللُقمة في حالة قطع. الكاربيد بالإضافة إلى بقية مواد العُدة، تتلين غالباً عندما تسخن. ولذلك عندما تتلين حافة القطع فأنها سوف تبلى بشكل أسهل. لذلك يمكن أن تستعمل العُدة بشكل كبير في القطع إذا إستخدمت زوايا مقدمة واسعة حيث سوف تتحسن قدرة العُدة لتشتيت الحرارة والتي تحسن عُمر العُدة في الخراطة. بالإضافة إلى ذلك، عند زيادة زاوية المقدمة، سوف تزداد القوة المحورية وتختزل القوة نصف القطرية، والذي يعتبر عامل مهم في السيطرة على الإصطكاك.

إن إستخدام قواطع ذات زاوية مقدمة واسعة مفيد خصوصاً عند تشغيل المواد مع سطوح قشرية أو مصلدة بالتشكيل. ومع زاوية مقدمة واسعة، سوف ينتشر السطح فوق أوسع مساحة لحافة القطع، والذي يختزل تأثير التلف على اللُقم، موسعاً عُمر العُدة، كذلك زوايا المقدمة الواسعة سوف تختزل الحفر (*Burring*) والكسر عند حافة الشُغلة. التحديد الذي يحتاج الى انتباه كبير على قاطعات زاوية المقدمة هو شكل الجزء، حيث إذا أُريد تشغيل كتف على جزء فأنه يتطلب زاوية مقدمة مقدارها صفر. ومن المستحيل إنتاج قاطع تفريز بزاوية مقدارها صفر مع لُقم مربعة بسبب الحاجة لإعطاء خلوص وجهي. وغالباً يُسمح بكتف قريب للمربع، وفي هذه الحالة يمكن أن يستخدم قاطع بزاوية مقدمة مقدارها (3°).

5.5.12 هندسية زاوية لُقمة التفريز (Milling Insert Corner Geometry)

تم مناقشة حجم وشكل اللُقمة المقسمة في الفصل الثاني. أن إختيار الهندسية المناسبة للزاوية هو على الأرجح العنصر الأكثر تعقيداً في إختيار اللُقمة. هنالك مدى واسع من نماذج الزاوية المتوفرة اليوم. شكل الزاوية المختار سوف يمتلك تأثير رئيسي على إنهاء السطح وكلفة اللُقمة. الشكل رقم (12-15-a) يوضح أشكال وأحجام متنوعة للُقم قاطع تفريز قابل للتقسيم.



(a) (b)

الشكل رقم (12- 15): a - أحجام وأشكال متنوعة للُقم قاطع تفريز قابلة للتقسيم
b- إتجاهات جريان الرايش للقمة قاطع تفريز مقسمة

1.5.5.12 نصف قطر المقدمة (Nose Radius) .

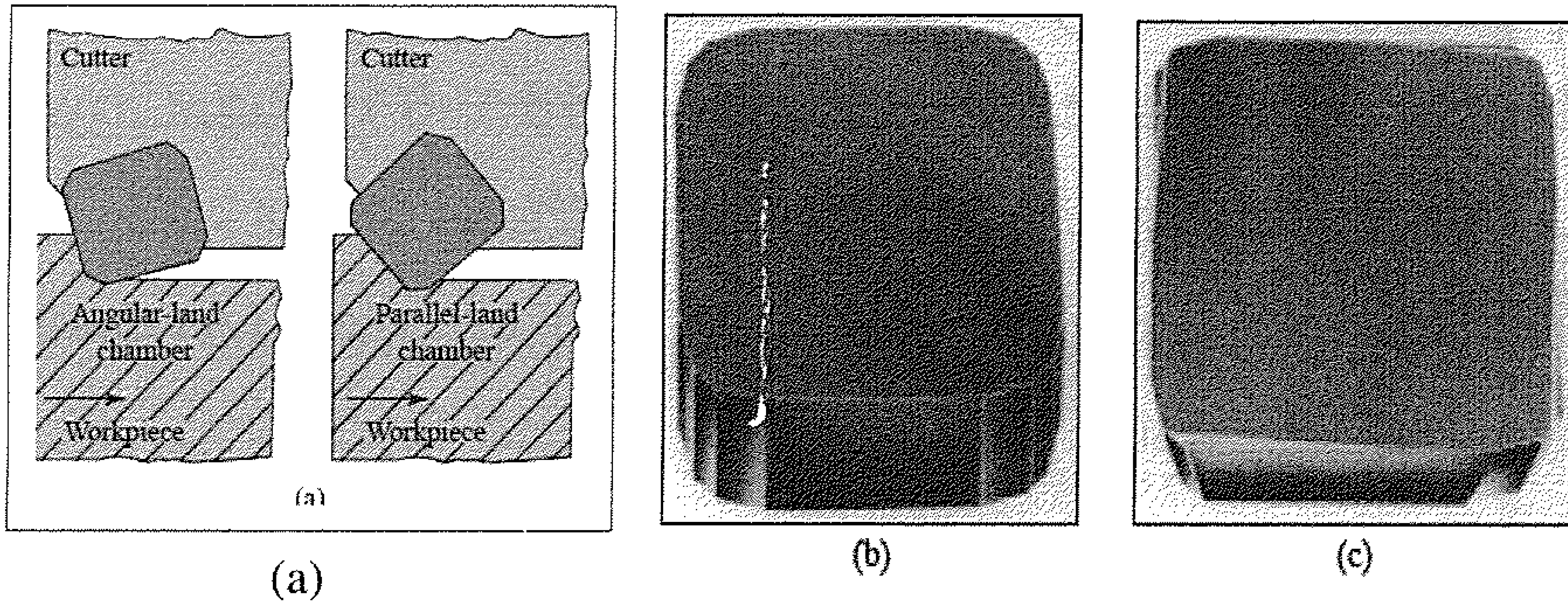
اللُقمة مع نصف قطر مقدمة أقل تكلفة بشكل عام من تلك اللُقمة المشابهة بدون أي هندسية زاوية أخرى. كذلك نصف قطر المقدمة هو أقوى هندسية زاوية ممكنة بسبب إنه لا يمتلك زوايا حادة الشكل ، حيث هنالك مستويان يلتقيان سوية كما هو الحال في الزاوية المشطوبة، ولهذان السببان لوحدهما، فأن لُقمة نصف قطر المقدمة يجب أن تكون الإختيار الأول لأي تطبيق يمكن أن يستخدم. يمكن أن تحسن اللُقم مع أنصاف أقطار مقدمة عُمر العُدة عندما تستخدم في قواطع بزوايا مقدمة (0°- 15°)، كما موضح في الشكل رقم (12-15-b)، وعندما يستخدم الشطب كما في الرسم على اليسار، فأن الرايش المتكون فوق وتحت النقطة (A) يتقارب عند النقطة مولداً مقدار كبير للحرارة عند تلك النقطة والذي سوف يعزز من سرعة البلى عما هو في بلى العُدة الإعتيادي.

عندما يستخدم نصف قطر مقدمة كما موضح في الرسم على اليمين، فإن الرايش ما يزال مضغوط، ولكن الحرارة تتوزع بإنتظام على طول حافة القطع، مما ينتج عنها عُمر عُدة أطول. إن المحدد الرئيسي للُقمة مع نصف قطر المقدمة هو إن الإنهاء السطحي الناتج بشكل عام ليس جيد عما هو مع هندسيات الزاوية الشائعة الأخرى. لهذا السبب، اللُقم مع أنصاف أقطار مقدمة عموماً محدودة لتطبيقات الخشونة والتطبيقات التي تستخدم فيها اللُقمة الماسحة من أجل السطح. اللُقمة

الماسحة (*Sweep Wiper*) هي لُقمة حافة مستوية واسعة أو حافة ذات نصف قطر واسع والذي يبدو ليكون مستوي، وهنالك عادة فقط شفرة ماسحة واحدة تستخدم في القاطع وهذه الشفرة أخذت إسمها من فعل المسح والذي يجعل سطح الشُغلة ذو إنهاء ناعم جداً. اللُقم مع أنصاف أقطار مقدمة لا تتوفر على العديد من القواطع الموجبة المزدوجة والموجبة/السالبة، بسبب إن الخلوص المطلوب تحت نصف قطر المقدمة يختلف من الذي يحتاج إليه تحت الحافة. إختلاف الخلوص يتطلب خطوات تجليخ باهظة أكثر والتي سوف تكون أكثر من معادلة الميزات الأخرى للُقم نصف قطر المقدمة.

2.5.5.12 الشطب (Chamfer).

هنالك طريقتان أساسيتان والتي يمكن فيها تطبيق اللُقم مع زاوية مشطوبة، تعتمد كلاهما على زاوية الشطب وزاوية المقدمة لجسم القاطع والذي تستخدم فيه اللُقمة. أرضية الشطب سوف تكون إما موازية أو زاوية (مائلة) لإتجاه التغذية، كما موضحة في الشكل رقم (a-16-12).



الشكل رقم (12- 16): a- لُقم قاطع تفريز مقسمة مع أرضية مشطوبة زاوية وأرضية مشطوبة موازية b- لُقم قاطع تفريز مقسمة دقيقة التجليخ

تمتلك اللُقم التي تطبق مع شطب زاوية لإتجاه التغذية تمتلك شطب مفرد. هذه اللُقم بشكل عام ليست قوية كفاية والكلفة عادة تكون مرتفعة أكثر عما هو في اللُقم التي تمتلك نصف قطر واسع. اللُقم المشطوبة زاوية الأرضية (-*Angular*)

Land) تستخدم كثيراً من أجل أغراض التشغيل العامة مع قواطع سالبة مزدوجة. اللُقم المصممة تستخدم مع شطب موازي لإتجاه التغذية قد تمتلك شطب مفرد ، شطب مفرد وإنكسار زاوية ، شطب مزدوج ، أو شطب مزدوج وإنكسار زاوية. الأراضي الواسعة تشير إلى السطوح الصغيرة الأساسية (*Primary Facets*)، والأراضي الصغيرة تشير إلى السطوح الثانوية (*Secondary Facets*).

إن كلفة الشطب ، بالنسبة لبقية أنواع هندسيات الزواية ، تعتمد على عَدد السطوح الصغيرة. إن لُقمة السطح الصغير المفرد هي الأقل كلفة ، مقارنة مع اللُقم متعددة السطح ذات الكلفة الأعلى ، بسبب نفقات التجليخ الإضافية. الشكل رقم (12-16-b) يوضح لقمتان لقاطع تفريز مقسمة دقيقة التجليخ . قاطع التفريز الوجهي مع ستة لقم مجلخة دقيقة وقابلة للتقسيم كانت قد وضحت في الشكل رقم (12-10-a). الميزة الكبيرة لإستخدام اللُقم مع أرضية موازية لإتجاه التغذية هي إنها عندما تستخدم بشكل صحيح ، فأنها تولد إنهاء سطحي معتاد . عندما يكون عرض الأرضية أكبر من التقدم لكل دورة ، فأن لقمة واحدة هي التي تُشكل السطح .

وهذا يعني بأن إنهاء سطحي ممتاز سوف ينتج بشكل إعتيادي بغض النظر عن الإنتحاء الأقصى لوجه اللُقمة (*Insert Face Runout*) . اللُقم ذات الأرضية المتوازية كذلك تصنع تخشين ممتاز ولُقم الغرض العام من أجل القواطع الموجبة/السالبة والموجبة والمزدوجة. عندما تستخدم لُقمة مشطوبة متوازية الأرضية للتخشين ، فأن عرض الأرضية يجب أن يكون أصغر ما يمكن لإختزال الإحتكاك.

3.5.5.12 الماسحات الجارفة (Sweep Wipers) .

إن الماسحات الجارفة فريدة في كل من مظهرها وتطبيقها. هذه اللُقم تمتلك فقط واحدة أو إثنين من أرضيات المسح الطويلة جداً. تستخدم اللُقمة الماسحة الجارفة في جسم القاطع محشوة مع بقية اللُقم (عادة لُقم تخشين) وموضوعة تقريباً أعلى من بقية اللُقم بمقدار ("0.005-"0.003) ، لكي تقوم وحدها بعمل إنهاء

السطح. إن الإنهاء الذي يتم الحصول عليه مع اللُقمة الماسحة الجارفة هو أفضل من الإنهاء الممتاز المتحقق مع لُقمة مشطوبة ذات أرضية متوازية. إضافة إلى ذلك، بما إن حافة اللُقمة الماسحة الجارفة طويلة، لذلك يمكن إستخدام تقدم لكل دورة كبير. تقدم اللُقمة الماسحة نفس سهولة التنصيب كما هو في اللُقمة الأرضية المتوازية.

اللُقم الماسحة الجارفة متوفرة مع كل من السطوح الماسحة المستوية والمقببة أو المحدبة. حافات القطع المقببة تجلخ لنصف قطر واسع جداً، عادة من (°10 - °3) حافات القطع المقببة تُزيل إمكانية التشكيلات الجانبية لسن المنشار المراد إنتاجه على السطح المُشغل بسبب كون الأرضية ليست موازية تماماً لإتجاه التغذية ، الحالة تتسبب إعتيادياً بواسطة ميل محور الدوران. من ناحية أخرى، الماسحات الجارفة مع حافات قطع مستوية تنتج إلى حد ما إنهاء أفضل، إذا كانت الأرضية مرصوفة بشكل مثالي أو تام مع إتجاه التغذية .

6.12 عمليات التفريز الأساسية (Basic Milling Operations).

قبل المحاولة بالقيام بأي عمل تفريز ، فأن هنالك عِدة قرارات يجب أن تُتخذ ، بالإضافة إلى أفضل الوسائل في مسك الشُغلة والقواطع الأكثر ملائمة لأن تستخدم. كذلك سرعة القطع ومعدل التغذية يجب أن يثبتا لإعطاء توازن جيد بين إزالة معدن سريعة وعُمر عُدة أطول. إن الحسابات المناسبة لسرعة القطع ومعدل التغذية يمكن أن تُصنع فقط عندما يتم التعرف على العوامل الستة التالية:

1- نوع المادة المراد تشغيلها.
2- جساءة التنصيب.
3- المقاومة الفيزيائية للقاطع.
4- مادة عُدة القطع.
5- القدرة المتوفرة عند محور الدوران.
6- نوع الإنهاء المرغوب به.

العديد من هذه العوامل تؤثر فقط في سرعة القطع والبعض الآخر يؤثر في كل من سرعة القطع ومعدل التغذية. إن الجداول في الكتب تعطي أشكال تقريبية

التي يمكن أن تستخدم كنقاط بداية. بعد اختيار سرعة القطع، فأن سرعة عمود الدوران يجب أن تُحسب والماكنة يتم معايرتها.

1.6.12 سرعة القطع (Cutting Speed).

تُعرف سرعة القطع على إنها المسافة بالقدم (*foot*) المنتقلة بواسطة نقطة على محيط القاطع في دقيقة واحدة. بما إن محيط القاطع أو سطحه الخارجي (*Periphery*) هو محيطه (*Circumference*) لذلك يكون :

$$Circumference = pi \times d \qquad (1)$$

حيث :

d = القطر .

Pi = النسبة الثابتة .

في حالة القاطع فأن المحيط يساوي :

$$Circumference = \frac{pi}{12} \times d = 0.262 \times d \qquad (2)$$

بما إن سرعة القطع يعبر عنها في وحدات القدم السطحي لكل دقيقة (*SFPM*) ، لذلك يكون :

$$SFPM = Cutter\ Circumference\ \times rpm \qquad (3)$$

حيث :

rpm = دورة لكل دقيقة.

وبالتعويض بمحيط القاطع يمكن أن يعبر عن سرعة القطع كما في المعادلة التالية :

$$SFPM = 0.262 \times d \times rpm \qquad (4)$$

إن مفهوم سرعة القطع (*SFPM*) تم تقديمه في الفصل الرابع وموضح مجدداً في الفصل الثامن، وسوف تعرض مجدداً بدون إعطاء أمثلة إضافية. على أية حال،

بما إن التفريز هو عملية متعددة الاتصال، فأن التغذية تحتاج لان تكون موضحة بتفصيل أكثر مما عُرض في الفصول السابقة.

2.6.12 معدل التغذية (Feed Rate).

عندما يتم تثبيت سرعة القطع من أجل مادة شُغلة معينة، يجب أن يتم إختيار معدل التغذية المناسب. يُعرف معدل التغذية على أنه قطع المعدن كمسافة خطية تتحركها العُدة بمعدل ثابت نسبة للشُغلة بمقدار زمن معين. معدل التغذية إعتيادياً يقاس بوحدات الإنج لكل دقيقة (*IPM*). يعبر عن معدل التغذية في عمليات الخراطة والثقب بوحدات إنج لكل دورة (*IPR*). عندما يتم تثبيت معدلات التغذية من أجل قواطع التفريز. والهدف هو الحصول على أسرع تغذية لكل لُقمة ممكنة لإدراك المستوى الأمثل للإنتاجية وعُمر العُدة، منسجماً مع الممارسات الصناعية الكفوءة.

إن معدل التغذية الأقصى هو دالة لمقاومة حافة القطع وجساءة الشُغلة، الماكنة، والتثبيت. لحساب معدل التغذية المناسب لتطبيق تفريز معين، فأن عدد دورات لكل دقيقة (*rpm*)، عدد اللُقم الفعالة (*N*)، والتغذية لكل لُقمة بالإنجات (*IPT* or *apt*) يجب أن تعطى. قاطع التفريز الموضح في الشكل رقم (12- 17) على اليسار (قاطع لُقمة واحدة) سوف يتقدم (″0.006) عند خط مركز القاطع كل وقت يقوم بالدوران دورة واحدة. في هذه الحالة، يُقال إن القاطع يمتلك تغذية لكل لُقمة (*IPT*)، تقدم لكل سن (*apt*) مقدارها (″0.006). نفس إسلوب القاطع مع أربعة لُقم والموضح في الجهة اليمنى من الرسم. على أية حال، للحفاظ على كل لُقمة، فأن قاطع التفريز سوف يتقدم الآن (″0.024) عند خط المركز، كل وقت يدور فيه دورة كاملة واحدة. قاطع التفريز على اليمين يُقال إنه يمتلك (*IPT*) و (*apt*) (″0.006)، ولكن تقدم لكل دورة (*apr*) (″0.024) أي (″0.006) لكل لُقمة.

ويستخدم هذا المفهوم لحساب معدل التغذية الفعلية لقاطع التفريز بوحدات إنج لكل دقيقة (IPM) بإستخدام واحدة من الصيغ الرياضية التالية :

$$IPM = (IPT) \times (N) \times (rpm) \qquad (5)$$

أو

$$IPM = (apt) \times (N) \times (rpm) \qquad (6)$$

حيث أن:

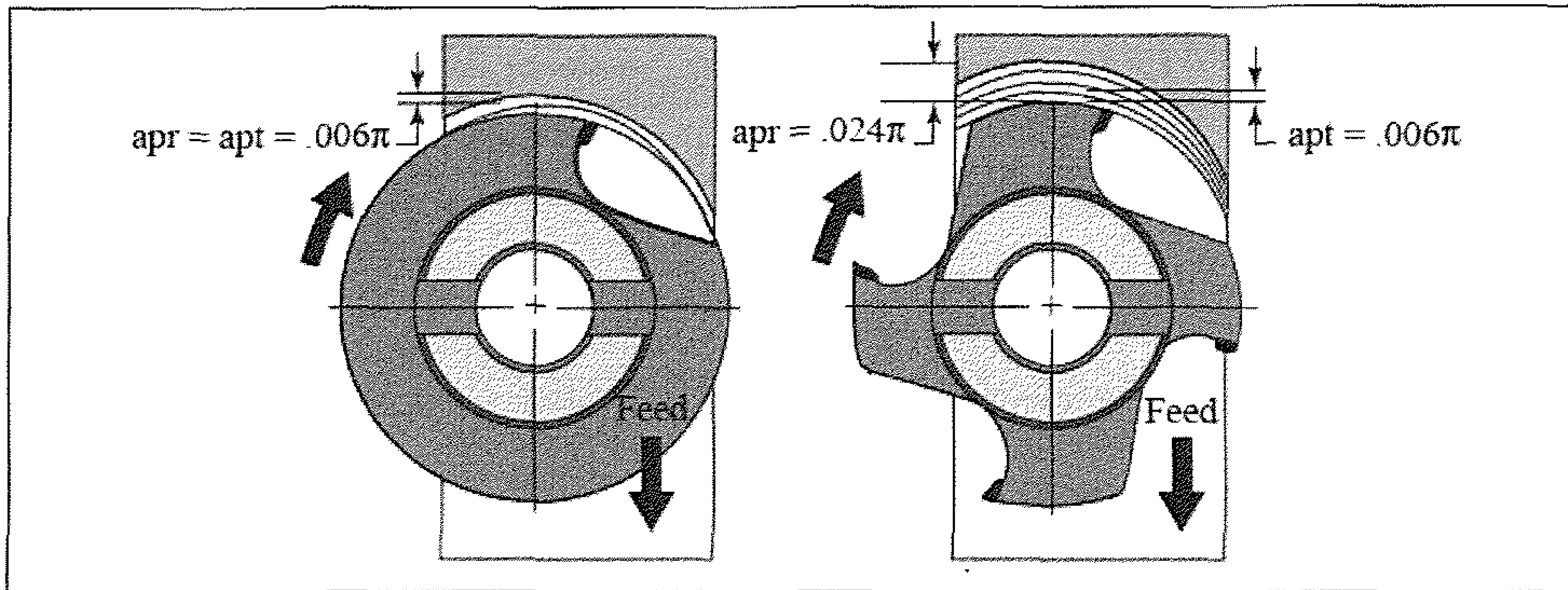
IPM = إنج لكل دقيقة.

IPT = إنج لكل سن.

apt = تقدم لكل سن.

rpm = دورة لكل دقيقة.

N = عدد اللُقم الفعالة.



الشكل رقم (12- 17): الفرق بين التقدم لكل دورة (apr)

مثال1:

عند التفريز الآلي لحديد الزهر الرمادي يستخدم قاطع تفريز وجهي بقطر ("4) مع ثمانية لُقم وبسرعة قطع $(400\ SFPM)$ وبمعدل تغذية $(30.5\ IPM)$، إحسب التقدم لكل دورة(apr)، والتقدم لكل سن (apt).

الحل:

$$rpm = \frac{SFPM}{0.262 \times d} = \frac{400}{0.262 \times 4}$$

$$rpm = 382$$

$$apr = \frac{IPM}{RPM} = \frac{30.5}{382}$$

$$apr = 0.080''$$

$$apt = \frac{apr}{N} = \frac{0.080}{8}$$

$$apt = 0.01''$$

مثال2:

عند تفريز عجلات هبوط فولاذ ($300M$) مع قاطع تفريز وجهي بقطر ($6''$) وبزاوية مقدمة (45°) والتي تتضمن عشرة لُقم عند سرعة ($380\ SFPM$) وتقدم لكل سن مقداره ($0.006''$)، ما معدل التغذية الواجب إعطاءه بوحدات (IPM) أنج لكل دقيقة .

الحل:

$$rpm = \frac{SFPM}{0.262 \times d} = \frac{380}{0.262 \times 6}$$

$$rpm = 242$$

$$IPM = apt \times N \times rpm = 0.006 \times 10 \times 242$$

$$IPM = 14.5$$

قائمة الصيغ الأساسية التالية يمكن أن تستخدم لحساب معدل التغذية بوحدات الإنج لكل دقيقة (IPM)، تقدم القاطع بالإنج لكل دورة (apr)، تقدم

القاطع بالإنج لكل لُقمة فعالة لكل دورة (apt). والدورة لكل دقيقة (rpm) وعدد اللُقم الفعالة (N).

الجدول رقم (12- 1): طرق لحساب معدلات التغذية والدوران وعدد اللقم الفعالة

Find	Given	Using
IPM	*apr, rpm*	*IPM = apr × rpm*
IPM	*rpm, N, apt*	*IPM = apt × N × rpm*
apr	*IPM, rpm*	*apr = IPM/rpm*
rpm	*IPM ,apr*	*rpm = IPM/apr*
rpm	*IPM, N, apt*	*rpm = IPM/(N × apt)*
N	*IPM, rpm, apt*	*N = IPM/(rpm × apt)*
apt	*IPM, N, rpm*	*apt = IPM/(rpm × N)*

ملاحظة: في الصيغ الموضحة أعلاه يمكن أن تعوض (IPT) في (apt) و (IPR) تعوض في (apr).

3.6.12 متطلبات القدرة الحصانية (Horse Power Requirements) .

في عملية قطع المعدن، تتناسب القدرة الحصانية المستهلكة بشكل مباشر لحجم المادة المراد تشغيلها لكل وحدة زمن (Q) مُقاساً بوحدات (الإنج المكعب لكل دقيقة ($inch^3/min$)). تمتلك المعادن معاملات وحدة القدرة (*Unit Power Factors*) والتي توضح متوسط مقدار القدرة الحصانية المطلوبة لإزالة أنج مكعب واحد للمادة في الدقيقة. معمل القدرة (*Power Factor*) (K^*) يمكن أن يستخدم أما لحساب حجم الماكنة عن طريق القدرة الحصانية المطلوبة لعمل ممر تشغيل ثابت أو لحساب معدل التغذية الذي يمكن الحصول عليه حالما يتم تثبيت عمق وعرض القطع على شكل جزء معين. لحساب معدل إزالة المعدن (Q) يتم استخدام المعادلة التالية :

$$Q = (D.O.C) \times (W.O.C) \times (IPM) \qquad (7)$$

حيث :

$D.O.C$ = عمق القطع بالإنج .

$W.O.C$ = عرض القطع بالإنج .

IPM = معدل التغذية بوحدات إنج/دقيقة .

ويمكن حساب معدل القدرة الحصانية لعمود الدوران المطلوبة من اجل تشغيل القطع المعدنية من المعادلة التالية

$$hp = Q \times K^* \qquad (8)$$

حيث :

hp = القدرة الحصانية المطلوبة عند عمود دوران الماكنة.

Q = معدل إزالة المعدن بوحدات ($inches^3/min$).

K^* = معامل وحدة القدرة بوحدات ($hp/inch^3/min$) وهو متوفر في مصادر الكتب.

مثال:

ما مقدار التغذية الواجب إختيارها لتفريز جزء طائر من الألمنيوم بعرض قطع ($2''$) وعمق قطع ($0.25''$) مستخدماً كل القدرة الحصانية المتوفرة على الماكنة (20 hp) بإستخدام قاطع تفريز وجهي ذو قطر ($3''$).

الحل:

$$hp = Q \times K^*$$

$K^* = 0.25\ hp/in^3/min$ (للألمنيوم)

أقصى معدل إزالة معدن ممكنة (Q) لماكنة قدرتها ($20\ hp$) لتشغيل جزء الألمنيوم هي :

$$Q = \frac{hp}{K^*} = \frac{20}{0.25}$$

$$Q = 80\,\text{in}^3/\text{min}$$

لإزالة $80\ in^3/min$ فأن التغذية التي يُحتاج إليها هي :

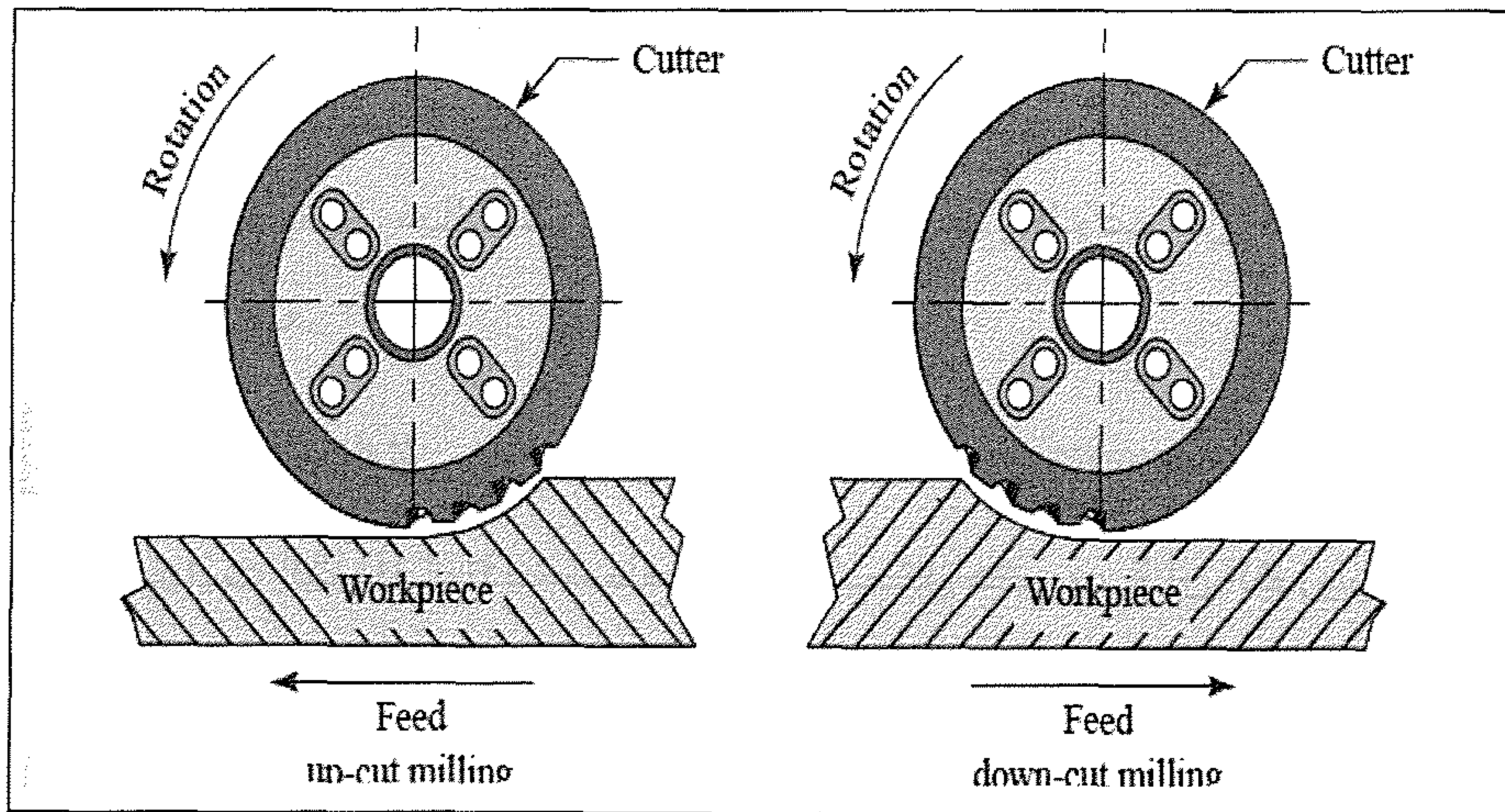
$$Q = (D.O.C)\times(W.O.C)\times IPM$$

$$IPM = \frac{Q}{(D.O.C)\times(W.O.C)} = \frac{80}{0.25\times 2}$$

$$IPM = 160\ in/min$$

7.12 إتجاه تغذية التفريز . (Direction of Milling Feed)

إن تطبيق عُدة التفريز في حدود إتجاه التشغيل هو حرج بالنسبة للإنجاز وعُمر العُدة لكامل العملية. وتوصف عمليتا التفريز نسبة للإتجاه أما بالتفريز التقليدي أو تفريز الصعود. يؤثر هذان النوعان من التفريز كذلك في تكوين الرايش وعُمر العُدة وكما سوف يوضح أدناه. الشكل رقم (12- 18) يوضح تخطيط لكل من التفريز التقليدي وتفريز الصعود.



الشكل رقم (12- 18): التفريز التقليدي أو للأعلى مقارنة بتفريز الصعود أو للأسفل

1.7.12 التفريز التقليدي (Conventional Milling) .

إن المصطلح الذي يشترك غالباً مع تقنية التفريز هذه هو تفريز القطع العلوي *Milling* (*Up-Cut*). يدور القاطع عكس إتجاه التغذية بتقدم الشُغلة بإتجاهه من الجانب حيث الأسنان تتحرك للأعلى. قوى الفصل الناتجة بين القاطع والشُغلة تقاوم حركة العمل. سُمك الرايش عند بداية القطع هو في أدنى قيمة ، ويزداد السمك تدريجياً لأعلى قيمة عند نهاية القطع.

2.7.12 تفريز الصعود (Climb Milling) .

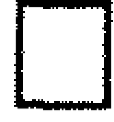
إن المصطلح المشترك غالباً مع هذه التقنية هو تفريز القطع السفلي *-Down*) *Cut Milling*). القاطع يدور بإتجاه التغذية والشُغلة ، لذلك يكون التقدم بإتجاه القاطع من الجانب حيث الأسنان تتحرك للأسفل. عند قيام أسنان القاطع بالقطع، تنتج القوى ذات الشدة المعتبرة والتي تدعم حركة الشُغلة وتؤدي لسحب الشُغلة تحت القاطع. الرايش يكون في أعظم سمك عند بداية القطع، ويختزل لأدنى قيمة عند الخروج من القطع. بشكل عام، تفريز الصعود ينصح به قدر الإمكان. مع تفريز الصعود ينتج إنهاء أفضل و يتم الحصول على عُمر قاطع أطول. عندما يدخل كل سن للعمل، فأنه يعمل حالاً على القطع ولا يُكل على الرغم من الضغط الناشئ ليحفر داخل الشُغلة.

3.7.12 المزايا والمساوئ (Advantages & Disadvantages) .

إذا كانت الشُغلة تمتلك سطح حاك بشكل كبير، فأن التفريز التقليدي سوف ينتج عُمر قاطع أفضل لأن حافة القطع تتعشق بالشُغلة أسفل السطح الحاك. كذلك يحمي التفريز التقليدي الحافة بواسطة تشظية السطح أمام حافة القطع. المُحددات على إستخدام تفريز الصعود بالدرجة الأولى هو تأثره بحالة الماكنة وجساءتها والتي تربط إليها الشُغلة وتُسند. بما إنه هناك ميل للقاطع ليصعد فوق

الشُغلة، فإنه يجب أن يكون جسم ماكنة التفريز وجسم المسند ثابتين بشكل كافٍ للتغلب على هذا الميل.

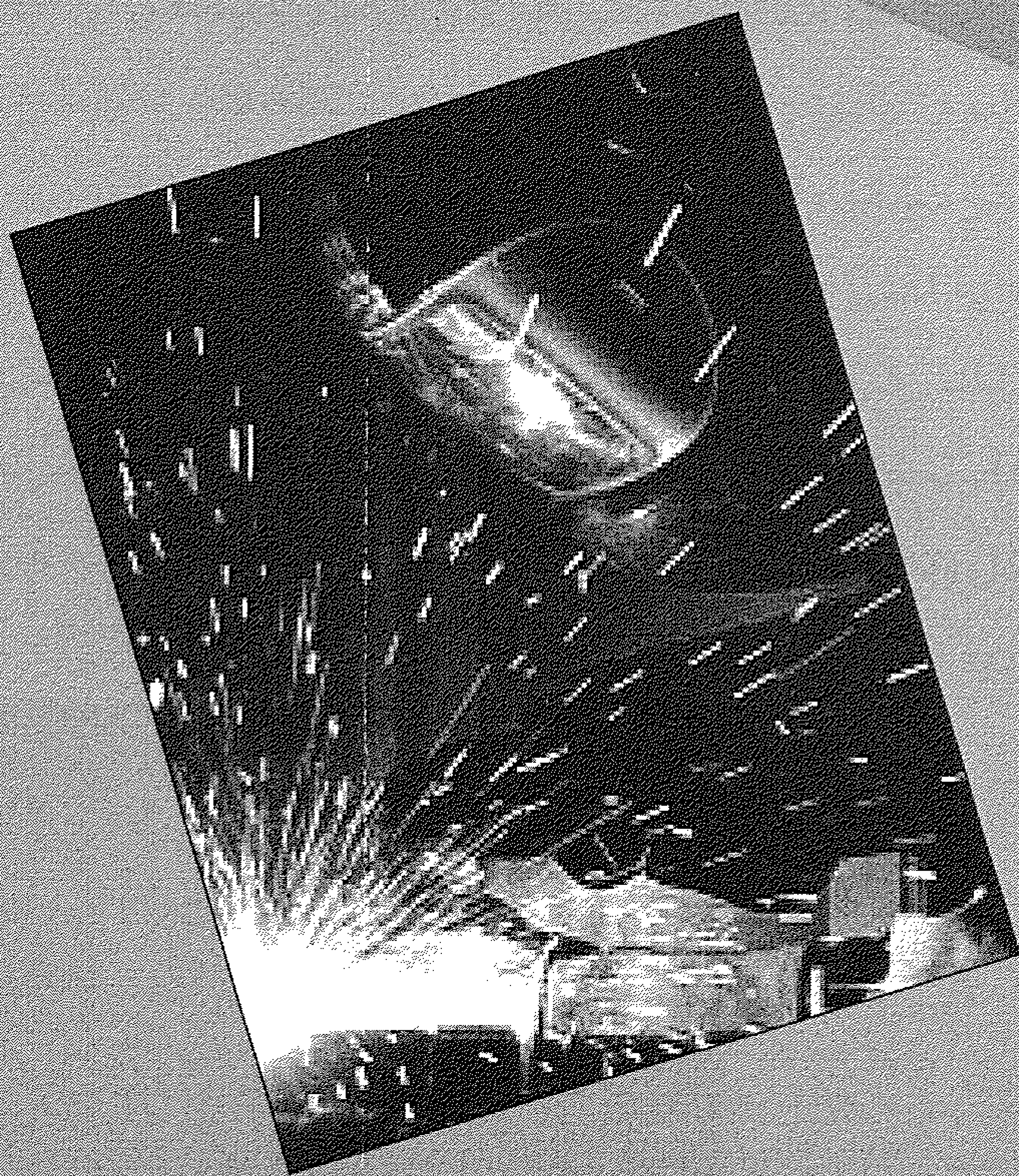
يجب أن تكون التغذية منتظمة، وإذا كانت الماكنة لا تمتلك آلية مزيل التفويت *Back Lash*) (*Eliminator* فأنه يجب شد خوابير المنضدة لمنع الشُغلة من أن تبدأ بالإنسحاب إلى القاطع. معظم الماكنات الموجودة اليوم يتم بناءها جاسئة بشكل كافٍ. الماكنات القديمة يمكن عادة أن تُشد لتسمح بإستخدام تفريز الصعود. إن ضغط الهبوط المتسبب بواسطة تفريز الصعود يمتلك ميزة متأصلة وهي ميله لمسك الشُغلة وتثبيتها مقابل المنضدة، والمنضدة مقابل السكك. في التفريز التقليدي، العكس هو الصحيح والشُغلة تميل إلى الإرتفاع عن المنضدة.



الفصل الثالث عشر

طرق وماكنات التفريز

Milling Methods and Machines



13

الفصل الثالث عشر

طُرق وماكنات التفريز

Milling Methods and Machines

1.13 المقدمة (Introduction).

إن ماكنات التفريز الحديثة تبدو كثيرة الشبه بالتي ظهرت قبل الخمسة والعشرين سنة السابقة. وعلى أية حال فأنها يجب الآن أن تقطع السبائك الفائقة، التيتانيوم، وأنواع الفولاذ عالية الشد، والتفاوتات دقيقة وثابتة وبمعدلات أسرع عما هو سابقاً. ولبلوغ هذه المتطلبات فأن ماكنات التفريز الجديدة تزود بقدرة حصانية أعلى جساءة ومديات سرعات وتغذية واسعة عما كان قبل ذلك.إضافة إلى ذلك، تزود بأعمدة سحب أكثر دقة، تراصف دقيق جداً، تحكم رقمي (*NC*) وتحكم رقمي بالحاسوب (*CNC*)، كل هذا أعطى عمل أسرع مع إنهاءات أفضل ودقة كبيرة عما كان يمكن الحصول عليه من قبل. ماكنة تفريز عمودية (*CNC*) حديثة موضحة في الشكل رقم (13- 1)



الشكل رقم (13- 1): ماكنة تفريز عمودية (CNC) حديثة

2.13 أنواع ماكنات التفريز . (Types of Milling Machines)

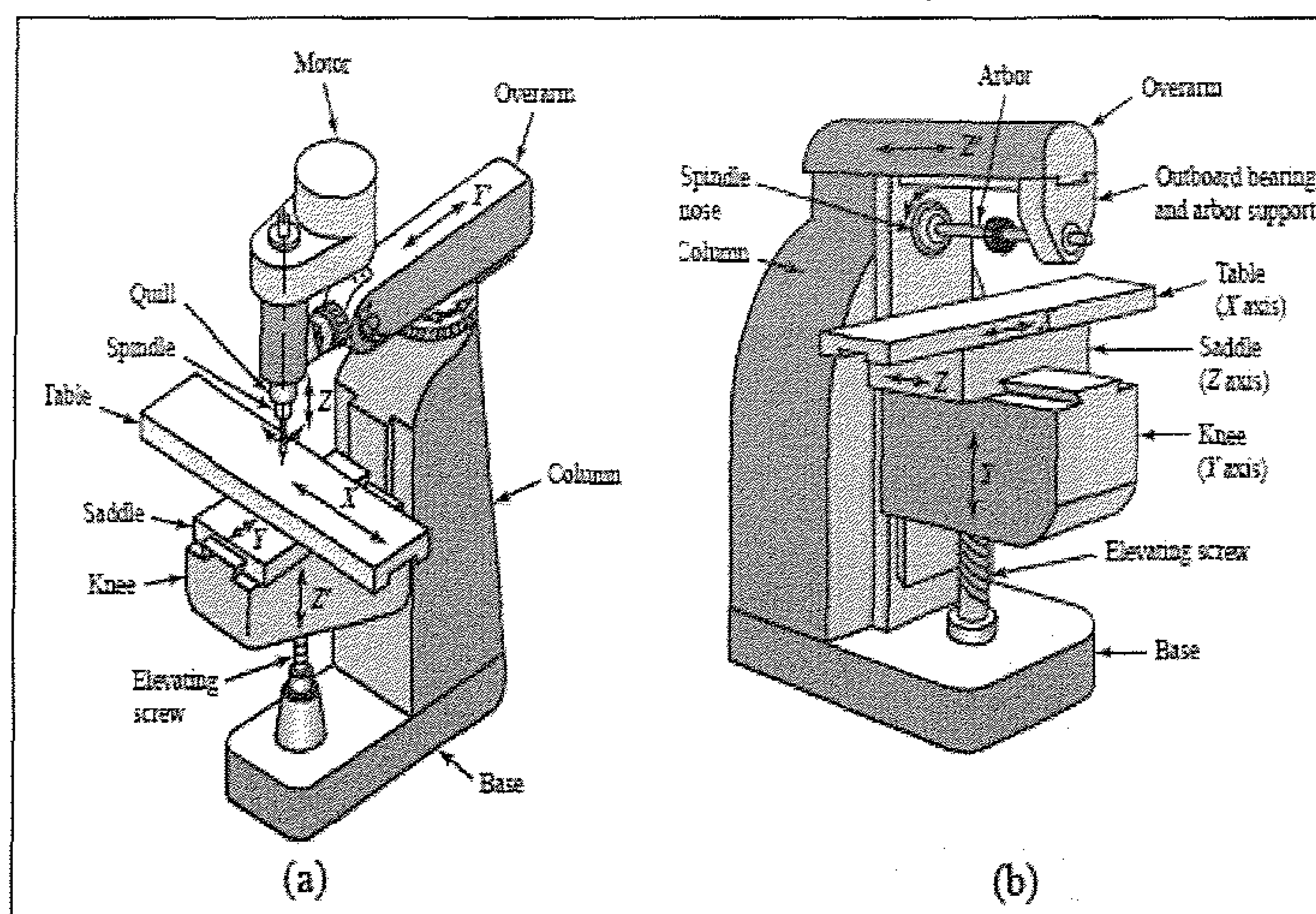
تصنف أنواع ماكنات التفريز العديدة المستخدمة في التصنيع إلى ثلاثة مجاميع رئيسية هي :

1. ماكنات العمود والركبة (Column & Knee Machines).
2. ماكنات التفريز ذات الفَرش (Bed Type Milling Machines).
3. ماكنات الغرض الخاص (Special Purpose Machines).

أيضاً الماكنات الفرعية تم توضيحها ومناقشتها.

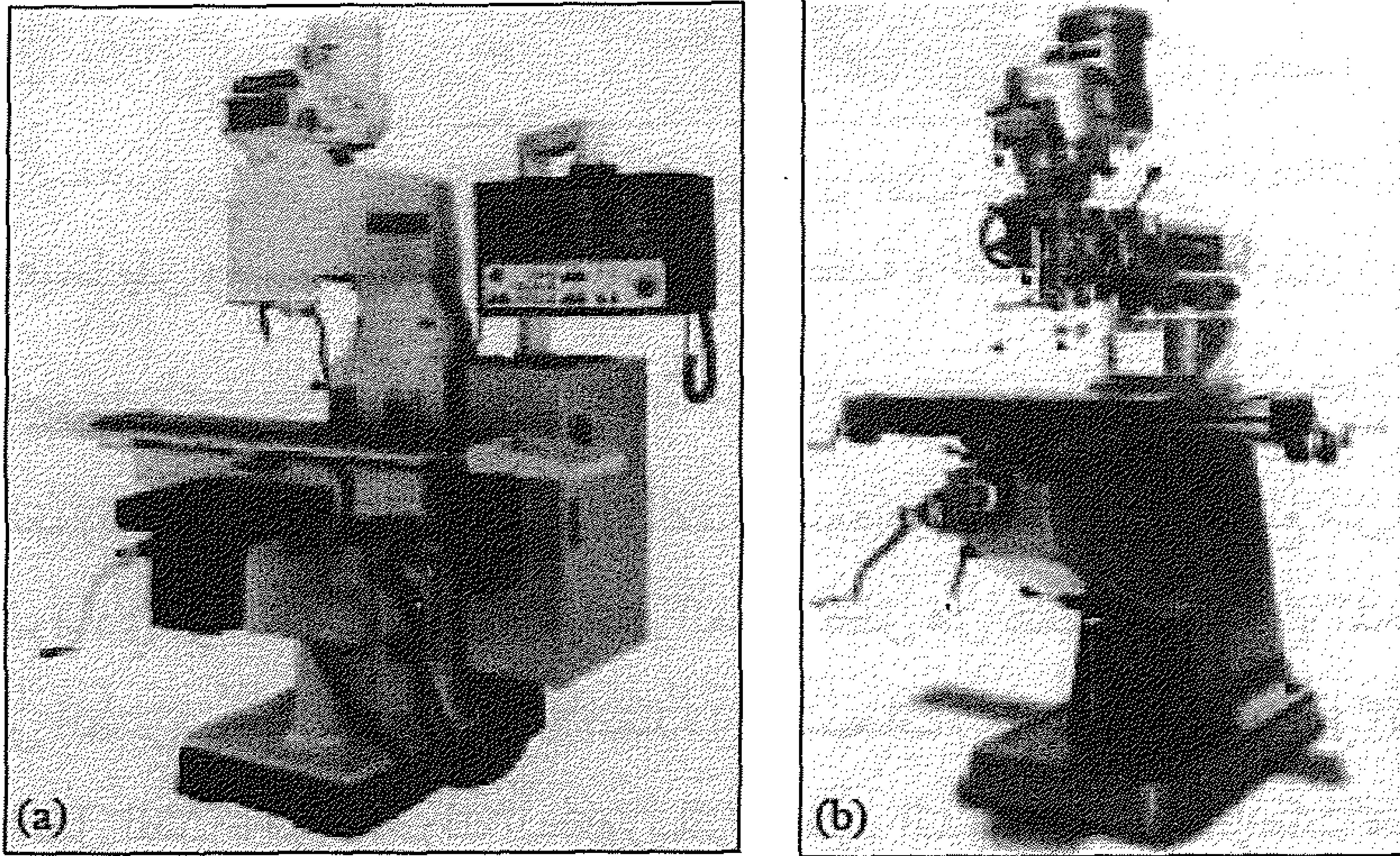
1.2.13 ماكنات العمود والركبة . (Column & Knee Machines)

تصنع ماكنات التفريز ذات العمود والركبة بنوعين عمودي وأفقي. المخططات في الشكل رقم (a, b-2-13) توضح كلا النوعين. إن تعدد الجوانب هو الميزة الأساسية لماكنات تفريز العمود والركبة.



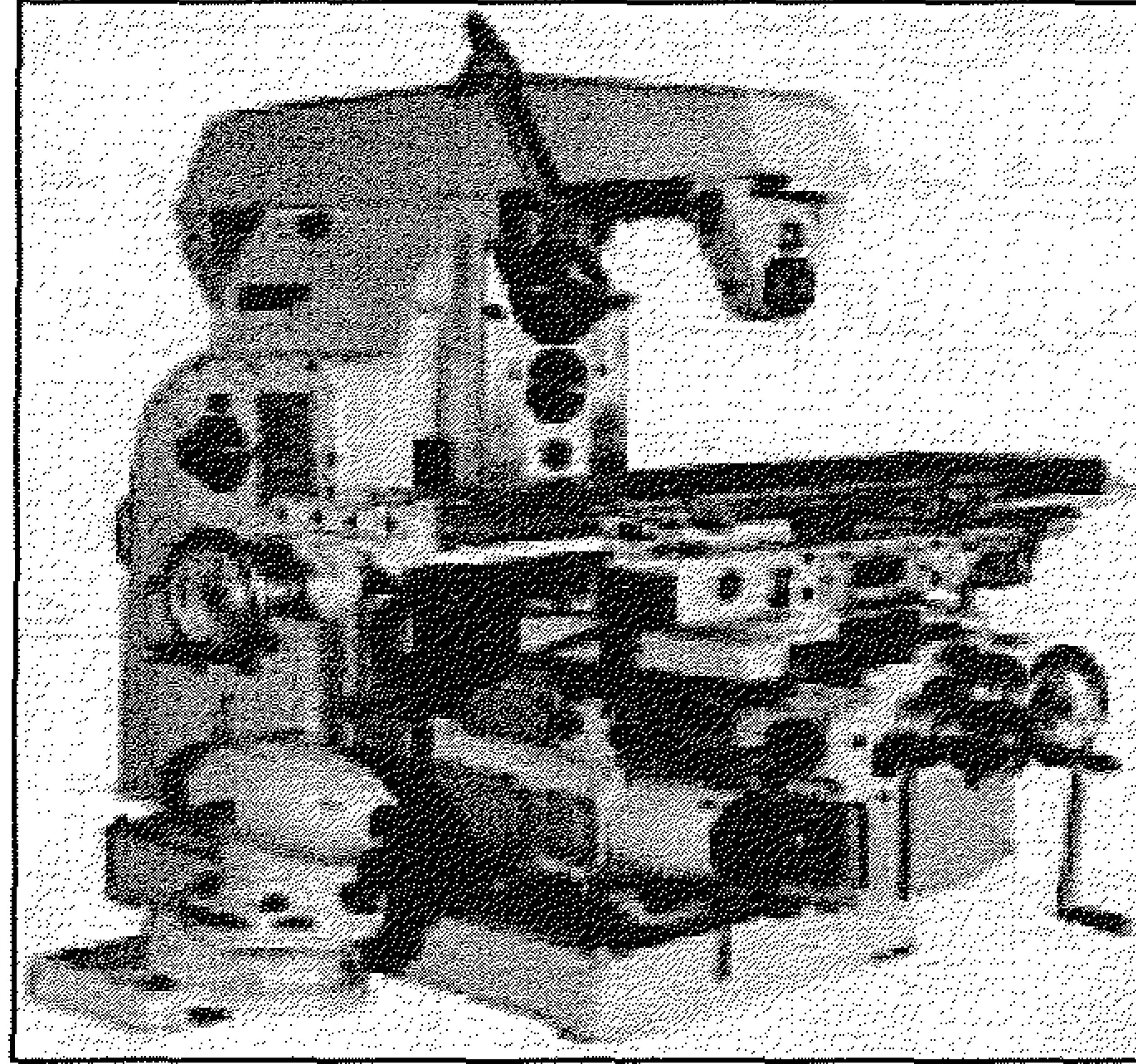
الشكل رقم (13- 2): شكل تخطيطي لحركات ومركبات : a- ماكنة تفريز العمود والركبة عمودية عمود الدوران b- ماكنة تفريز العمود والركبة أفقية عمود الدوران

في هذا النوع من الماكنات يمكن أن تتحرك كل من المنضدة، السرج، والركبة. وهنالك العديد من الملحقات التي تزود بها هذه الماكنات مثل الملازم عامة الغرض، المناضد الدوارة، ورؤوس التقسيم التي تزيد التنوع بشكل كبير لهذا النوع من المكائن . وبغض النظر عن كون الماكنة عمودية أو أفقية، فأن هنالك العديد من المركبات المتشابهة على كل ماكنات تفريز العمود والركبة، ماعدا الحجم وتنوعات صغيرة تتبع تفضيل المُصنع.



الشكل رقم (13- 3): a- ماكنة تفريز عمودية (CNC) قياسية b- ماكنة تفريز عمودية (CNC) ثلاثية المحاور

ماكنة تفريز عامة الأغراض أفقية نوع العمود والركبة موضحة في الشكل رقم (13- 4).



الشكل رقم (13- 4): ماكنة تفريز أفقية عامة الغرض

وفيما يلي وصف لمكونات ماكنات الركبة والعمود :

1- **العمود** (Column).

العمود والذي عادة يجمع مع القاعدة كمصبوبة مفردة، يصنع من حديد الزهر الرمادي أو الحديد المطيلي. يضم العمود كل من عمود الدوران، المحامل، والتروس الضرورية، القوابض، الأعمدة، المضخات، وآليات التبديل أو الإزاحة من أجل نقل القدرة من المحرك الكهربائي لعمود الدوران عند سرعات مختارة. تتحرك التروس في الزيت وتصنع من الفولاذ السبائكي المكربن من أجل عُمر أطول. بعض أجهزة السيطرة الضرورية تحفظ عادة على جانب العمود. تكون القاعدة عادة مجوفة، وفي العديد من الحالات تستخدم كحوض لسائل القطع، ويمكن أن ينصب نظام الضخ والتصفية في القاعدة.

يشتمل الثقب في مركز القاعدة على المسند، واللولب الذي يرفع ويخفض الركبة. المنزلق العمودي المشغل على جبهة العمود يمكن أن يكون من النوع المربع أو دوفتيل (*Dovetail*)، حيث تتحرك الركبة للأعلى وللأسفل على هذا المنزلق، ويجب أن يشغل هذا المنزلق عند زاوية (90°) لوجه العمود في المستوي الجانبي والعمودي. يكون التفاوت قليل جداً وعادة يعبر عنه بالدقائق أو الثواني

للقوس. الثقب الواسع في وجه مصبوبة العمود هو لعمود الدوران. الثقب يوسع بدقة عمودياً للمنزلق الأمامي في مستويين وموازي للمنزلق العلوي .

2- **عمود الدوران** (Spindle).

عمود الدوران على ماكنة التفريز الأفقية هو أحد أكثر الأجزاء الحرجة، وعادة يشغل من الفولاذ السبائكي المطروق ويعامل حرارياً ليقاوم البلى، الإهتزاز، أحمال الدفع، والإنحناء. يسند عمود الدوران عادة بواسطة مجموعة من المحامل الكروية أو المستوية الدوارة، أو بواسطة المحامل الدوارة المستدقة التي تمتص كل من الأحمال نصف القطرية (*Radial Loads*)، وأحمال الدفع (*Thrust Loads*).

تكون أعمدة الدوران مجوفة بحيث إن قضيب السحب يمكن أن يستخدم لمسك محاور الدوران (*Arbors*) في مكانها بأحكام. إن جبهة عمود الدوران تُشغل لتقبل محاور الدوران القياسية. الخابوران اللذان يتوافقان داخل الشقوق المتماثلة في محور الدوران تعمل الإدارة الحقيقية للمحور. إن الإستدقاق الداخلي الذي يجلخ بدقة من أجل تمركزه مع عمود الدوران يعمل على تحديد موقع المحور.

3- **الركبة** (Knee).

الركبة هي مصبوبة تتحرك لأعلى أو أسفل المنزلق على جبهة العمود بواسطة لولب الرفع. المنزلقات المربعة أو دوفتيل تشغل عند زاوية (90°) لكل منها. يلتقي المنزلق العمودي مع المنزلق على جبهة العمود، والمنزلق الأفقي يحمل السرج. وتضم الركبة التروس الضرورية، اللوالب، والآليات الأخرى للتزويد بطاقة التغذيات في كل الإتجاهات. يمكن أن يختار المشغل معدلات التغذية المتنوعة مع أجهزة سيطرة مثبتة على الركبة.

4- **السرج** (Saddle).

يصب السرج لماكنة التفريز العادية مع منزلقين يشغلان عند زاوية (90°) بالضبط لكل منهما، ويتوافق المنزلق السفلي مع المنزلق على قمة الركبة، والمنزلق العلوي يتوافق مع المنزلق على قعر المنضدة. تكون سطوح المنزلقات التي تصنع الإتصال مع الركبة والمنضدة متوازية لبعضها البعض. الأقفال لكل من المنزلق العرضي (الراسمة العرضية) والمنضدة تنطبق على السرج طولياً مع الصامولات التي تتعشق مع لوالب التغذية العرضية وتغذية المنضدة. يصنع السرج لماكنة التفريز عامة الغرض من قطعتين وهو معقد أكثر بسبب كونه يجب أن يسمح بدوران المنضدة خلال قوس محدد. الجزء السفلي يمتلك منزلق دوفتيل الذي ينطبق على قمة الركبة ومنزلق دائري فوقه متدرج لجزء صغير لمحيطه. الجزء العلوي للسرج يضم وجه دائري يتوافق ضد المنزلق الدائري السفلي، نقطة الدوران المركزية، ومنزلق دوفتيل الذي يقبل المنضدة. تتحرك براغي القفل في شق دائري والتي تزود بحيث أن جزئي السرج يمكن أن تقفل بأي موضع.

5- **المنضدة** (Table).

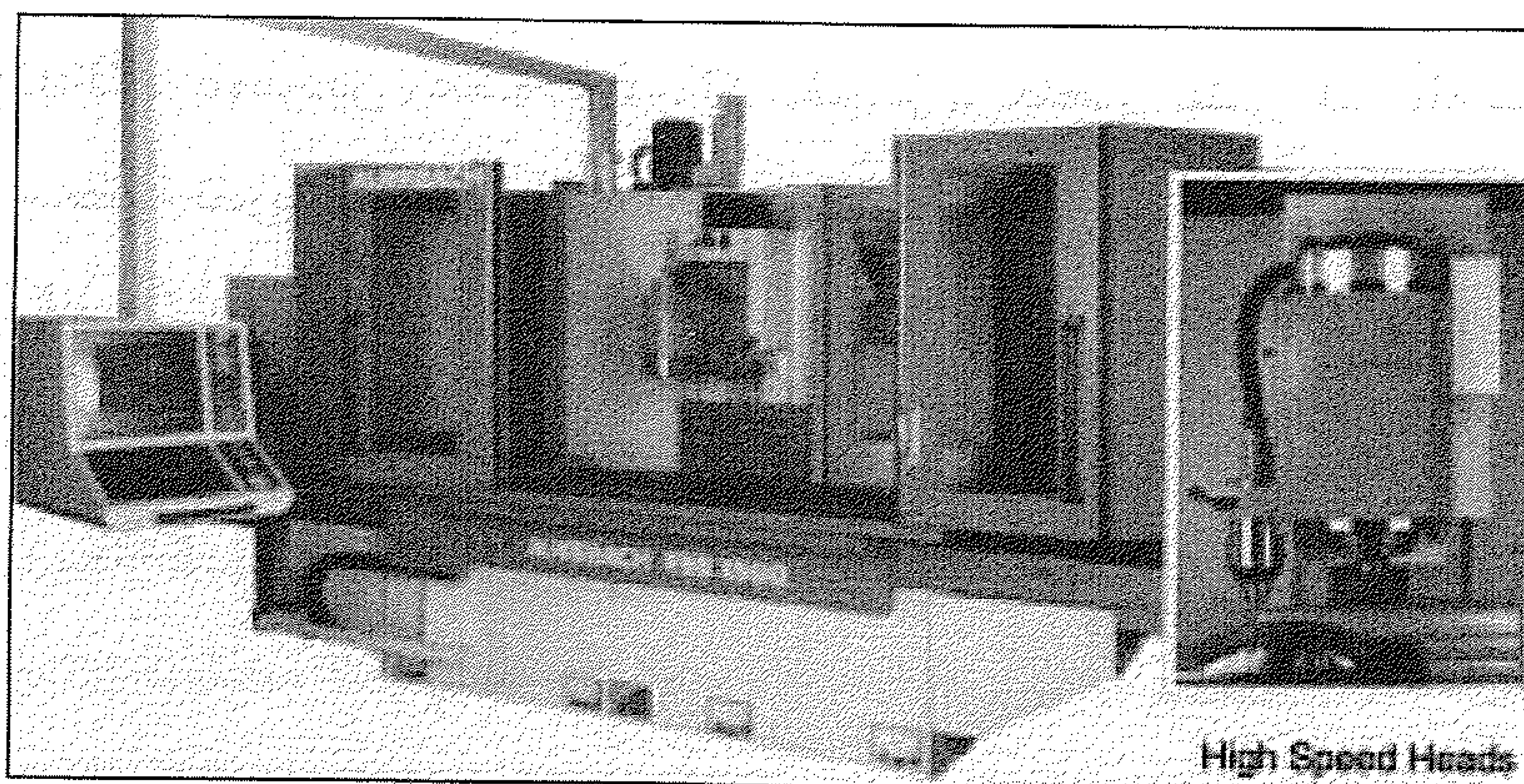
مناضد ماكنة التفريز متنوعة كثيراً في الحجم، ولكنها بشكل عام تمتلك نفس الصفات الفيزيائية. أسفل المنضدة يمتلك منزلق دوفتيل الذي يتوافق في المنزلق الذي على قمة السرج. كذلك تمتلك المنضدة محامل في كل نهاية لحمل لولب تغذية المنضدة. تشغل قمة المنضدة بشكل متوازي مع المنزلق على القعر وتمتلك شقوق- T بطول كامل لتثبيت الملازم أو أي مثبتات لمسك الشُغلة. تزود المنضدة بقرص مدرج لآلاف الأجزاء للإنج للسماح له بالحركة وتعيين الموقع والحركة الدقيقين. يمتلك لولب تغذية المنضدة عادة أسنان منبسطة. تتوفر ماكنات التفريز مع أعمدة الدوران العمودية (إنظر الشكل رقم (13-3-a)) بأنواع وأحجام ذات تنوع واسع. إن الرأس الذي يضم عمود الدوران، المحرك، وأجهزة السيطرة على التغذية هو عام الغرض بشكل كامل ويمكن أن يوضع

عند زاوية مركبة لسطح المنضدة. الذراع، الذي يربط له الرأس يمكن أن يتحرك للأمام والخلف ويقفل لأي موضع. يسمح البرج على قمة العمود للرأس والذراع مجتمعة بالدوران بشكل جانبي، رافعاً إنبساط رأس الماكنة.

بعض ماكنات التفريز نوع الذراع (*Ram-Type*) يمكن أن تستخدم لكل من التفريز العمودي والأفقي. في قواطع التفريز ذات الذراع العمودي التي تمتلك محرك في عمودها، تنتقل القدرة لعمود الدوران بواسطة التروس وأعمدة الدوران المُخددة (*Splined Shaft*). بعض قواطع التفريز عنيفة الإنجاز تمتلك عمود دوران ومجموعة رأس التي يمكن أن تتحرك عمودياً فقط أما بواسطة ميكانيكية تغذية آلية أو يدوياً. وتدعى هذه الماكنات بشكل عام بماكنات التفريز ذات الذراع العمودي العلوي (*Vertical Milling Machines Ram-Type*).

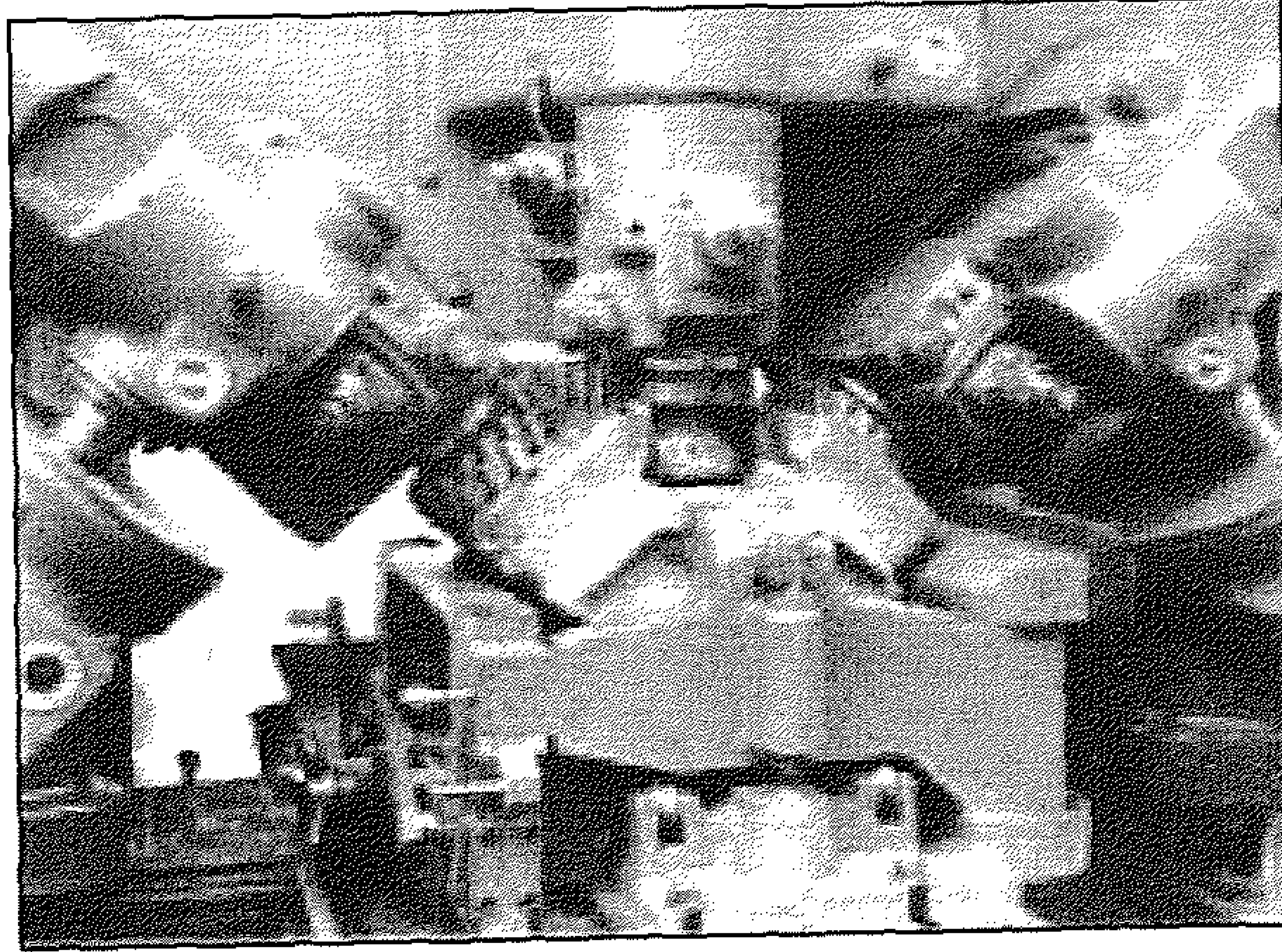
2.2.13 ماكنات التفريز ذات الفَرش (Bed-Type M.M) .

يتطلب الإنتاج العالي قطوعات عنيفة وثباتية ماكنة التفريز نوع الركبة والعمود يمكن إن تكون غير كفوءة لتأخذ قوى عالية. ماكنة التفريز نوع الفَرش غالباً تكون مثالية لمثل هذا النوع من العمل. في هذه الماكنة تستند المنضدة مباشرة على فَرش ثقيل، بينما يوضع العمود خلف الفَرش. الشكل رقم (13- 5) يوضح ماكنة تفريز (*CNC*) نوع الفَرش.



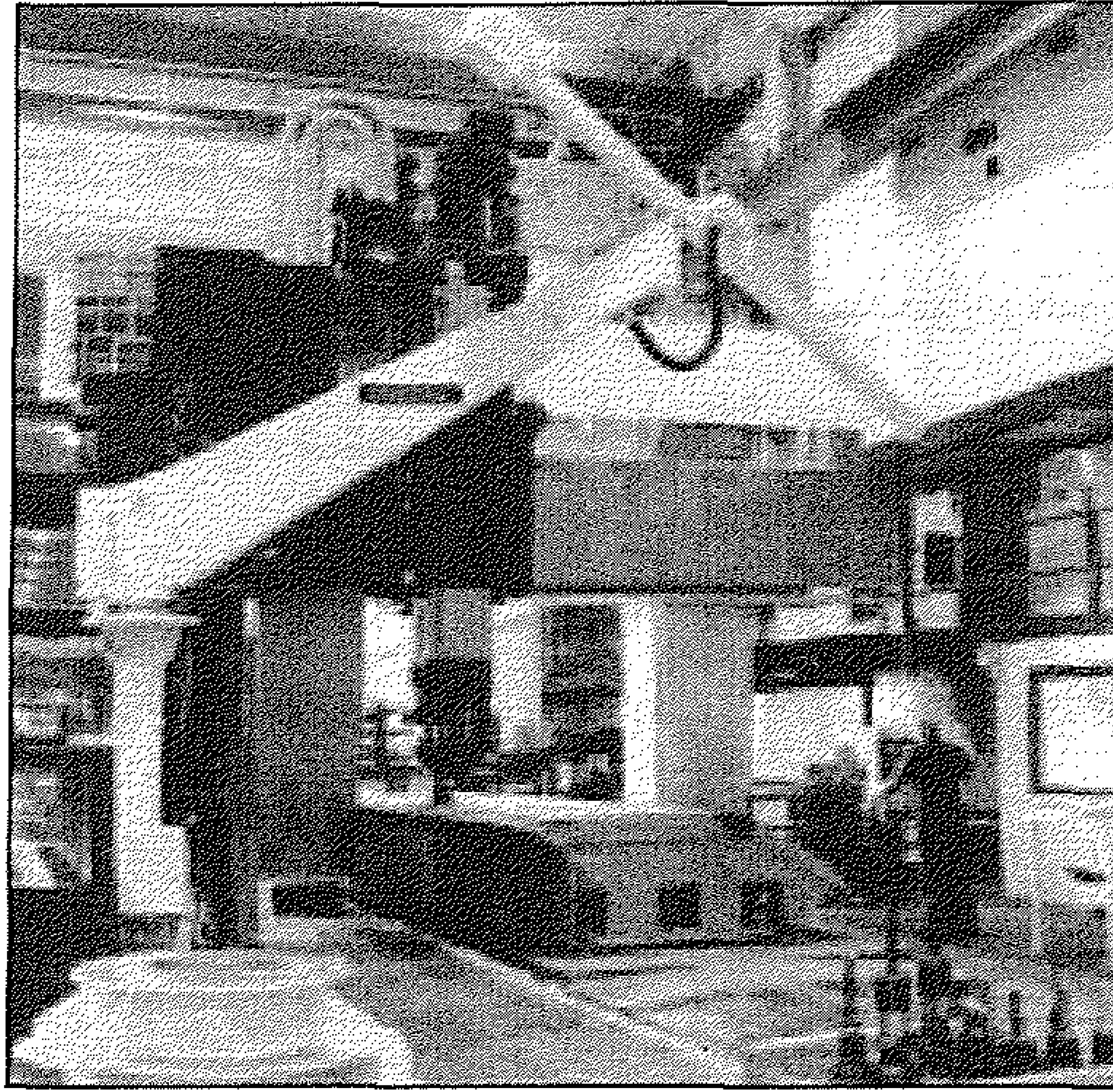
الشكل رقم (13- 5): ماكنة التفريز CNC نوع الفَرش

عملية تشغيل مع ثلاثة أعمدة دوران موضحة في الشكل رقم (13- 6).



الشكل رقم (13- 6): ماكنة تفريز نوع الفَرش بثلاثة رؤوس

هنالك مزايا عديدة للماكنة ذات الفَرش، خصوصاً لدورات الإنتاج. إن تغذيات المنضدة الهيدروليكية ممكنة، والمكونات الهيدروليكية تكون موضوعة في مصبوبة الفَرش. وهذا يسمح بقوى تغذية عالية جداً، معدلات تغذية متغيرة أثناء أي قطع ثابت، والتدوير الآلي للمنضدة. عمود الدوران يمكن أن يُرفع أو يُخفض بواسطة ترتيب حدبة و صفيحة معايرة لإنتاج سيطرات خاصة. إن التركيب الأثقل بشكل أساسي يسمح بتجهيز قدرة أكبر لعمود الدوران، التي تعطي إنتاجية أعلى خلال الإزالة الأسرع للمعدن. ماكنات التفريز ذات الفَرش المزدوج تمتلك عمودين وعموديَ دوران لتفريز سطحين على الشُغلة بشكل متزامن. ماكنة تفريز نوع الفَرش (*CNC*) بخمسة محاور موضحة في الشكل رقم (13- 7).



الشكل رقم (13- 7): ماكنة تفريز واسعة نوع الفرش بخمسة محاور (CNC)

إن المُحدد الرئيسي لماكنة التفريز نوع الفَرش مقارنة بماكنة التفريز نوع العمود والركبة هي إنها اقل تعدداً في الإستخدام لتشغيل الأجزاء الصغيرة، ومميزاتها تصب في إنتاجيتها العالية، قابليتها للتعديل لماكنات واسعة الحجم، وسهولة تعديلها للتطبيقات الخاصة.

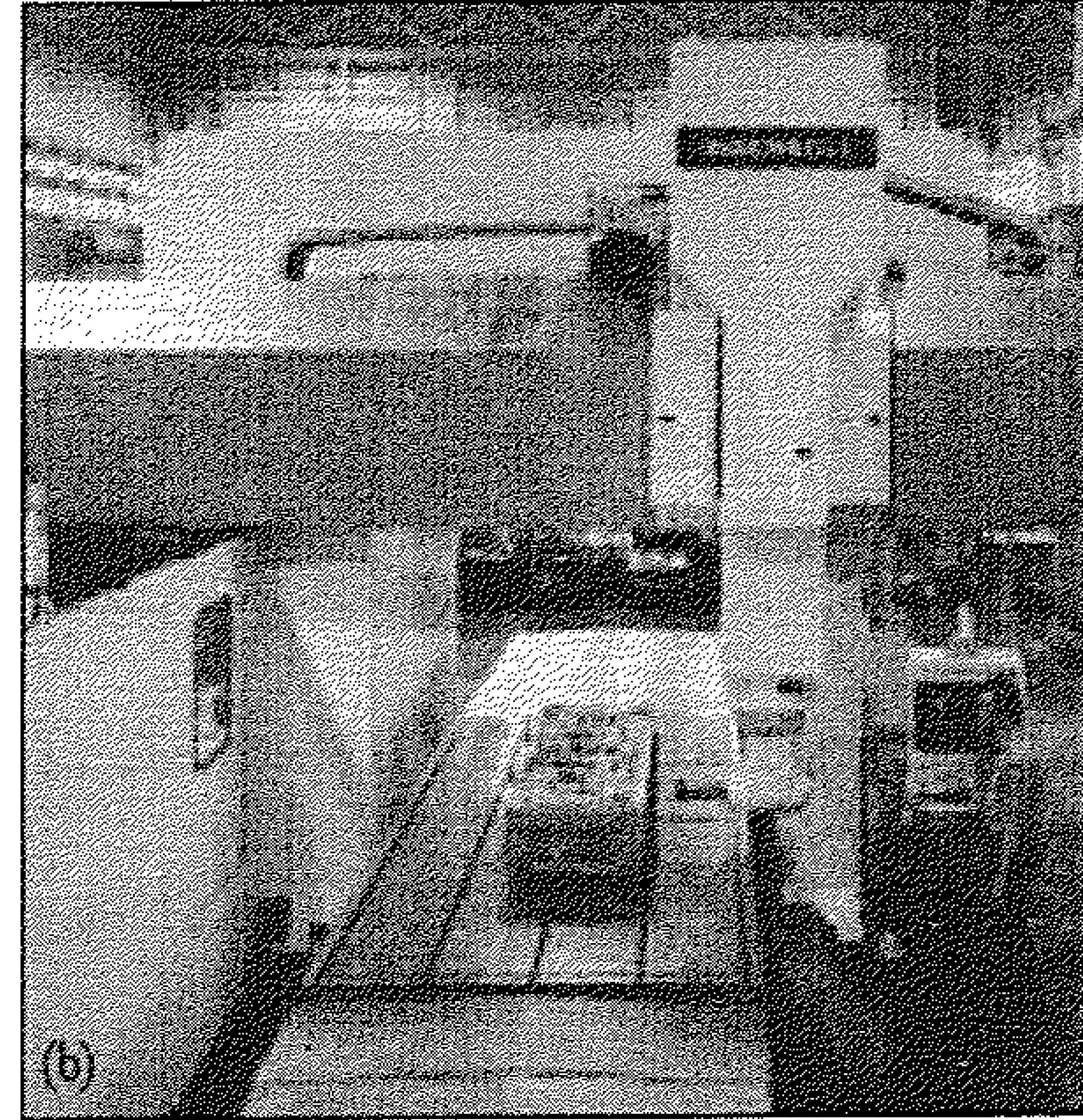
3.2.13 ماكنات التفريز ذات الغرض الخاص (Special Purpose Milling Machines)

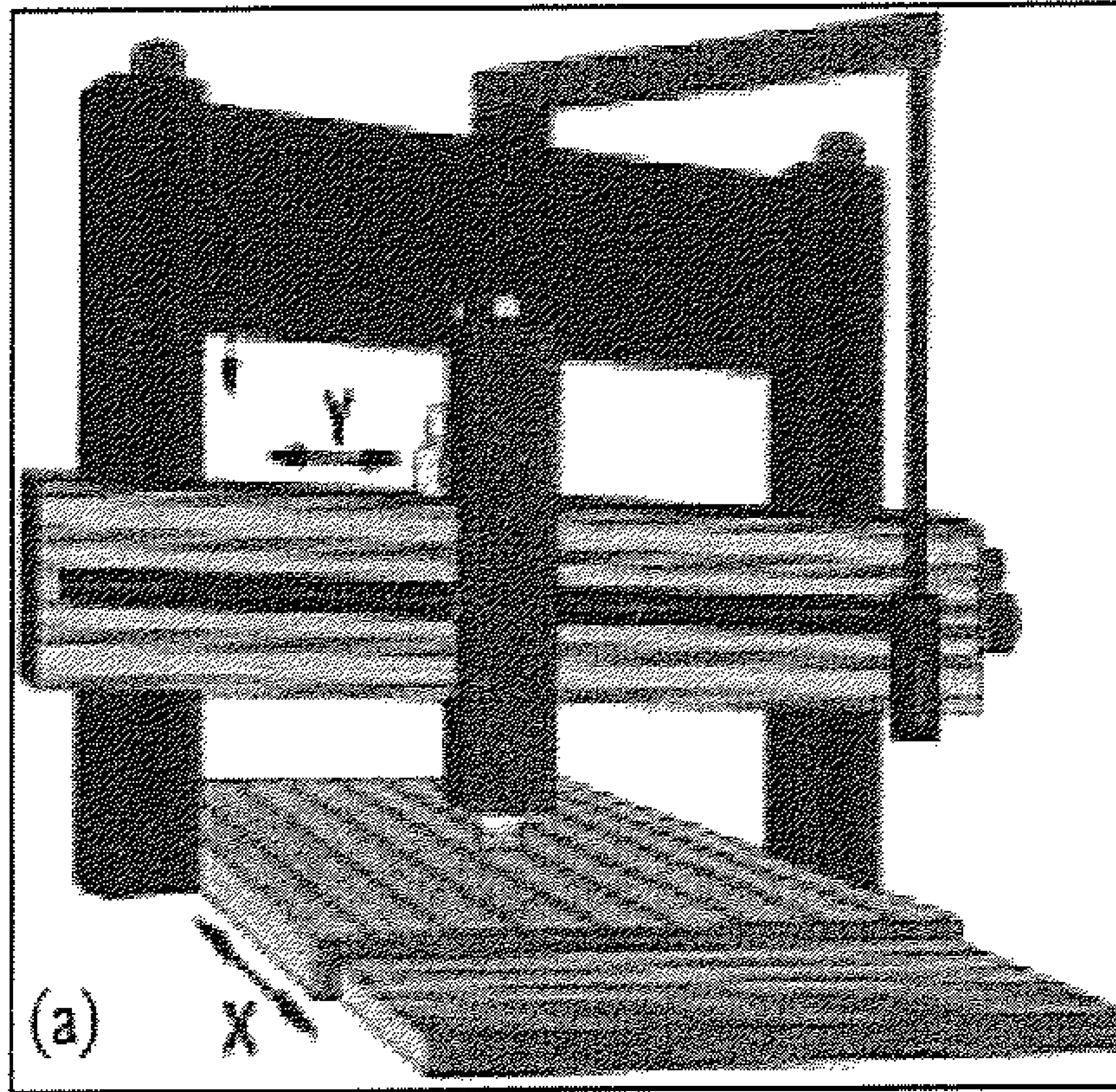
مثلما أصبحت المنتجات المصنعة معقدة بشكل أكبر، تم تطوير ماكنات تفريز جديدة غير عادية وأكثر شمولاً. إن الأهداف من وراء ذلك هي لتلائم العمل الأوسع، صنع أجزاء مزدوجة أكثر، ثقوب موضوعة وسطوح بشكل دقيق، أو لإنجاز بقية أعمال التشغيل غير العادية.

1.3.2.13 ماكنات التفريز النطاحة (Planer-Type Milling M) .

إن الترتيب العام لهذه الأنواع من الماكنات هو مشابه للمقاشط النطاحة (الفصل 7)، ماعدا أن رؤوس التفريز تحل محل لُقم عُدة القشط المفردة، وهذه الرؤوس تُدار بشكل مفرد ويمكن أن تتحرك بسرعات مختلفة إذا كان من الضروري ذلك. ويمكن أن تستخدم أكثر من أربعة رؤوس قاطعة، مع إثنين

موضوعين على القضيب المستعرض (*Cross Rail*) وإثنين على الأعمدة العمودية (*Vertical Pillars*). الشكل رقم (a-8-13) يوضح ماكنة تفريز نوع النطاحة، وجزء قيد التشغيل على هذه الماكنة موضح في الشكل رقم (b-8-13). ماكنة التفريز النطاحة تستخدم على الأغلب لتشغيل الأجزاء مثل سكك الفَرش لعُدد الماكنة الواسعة، وبقية الشُغلات الطويلة التي تحتاج سطح دقيق وسطوح زاوية أو حزوز.



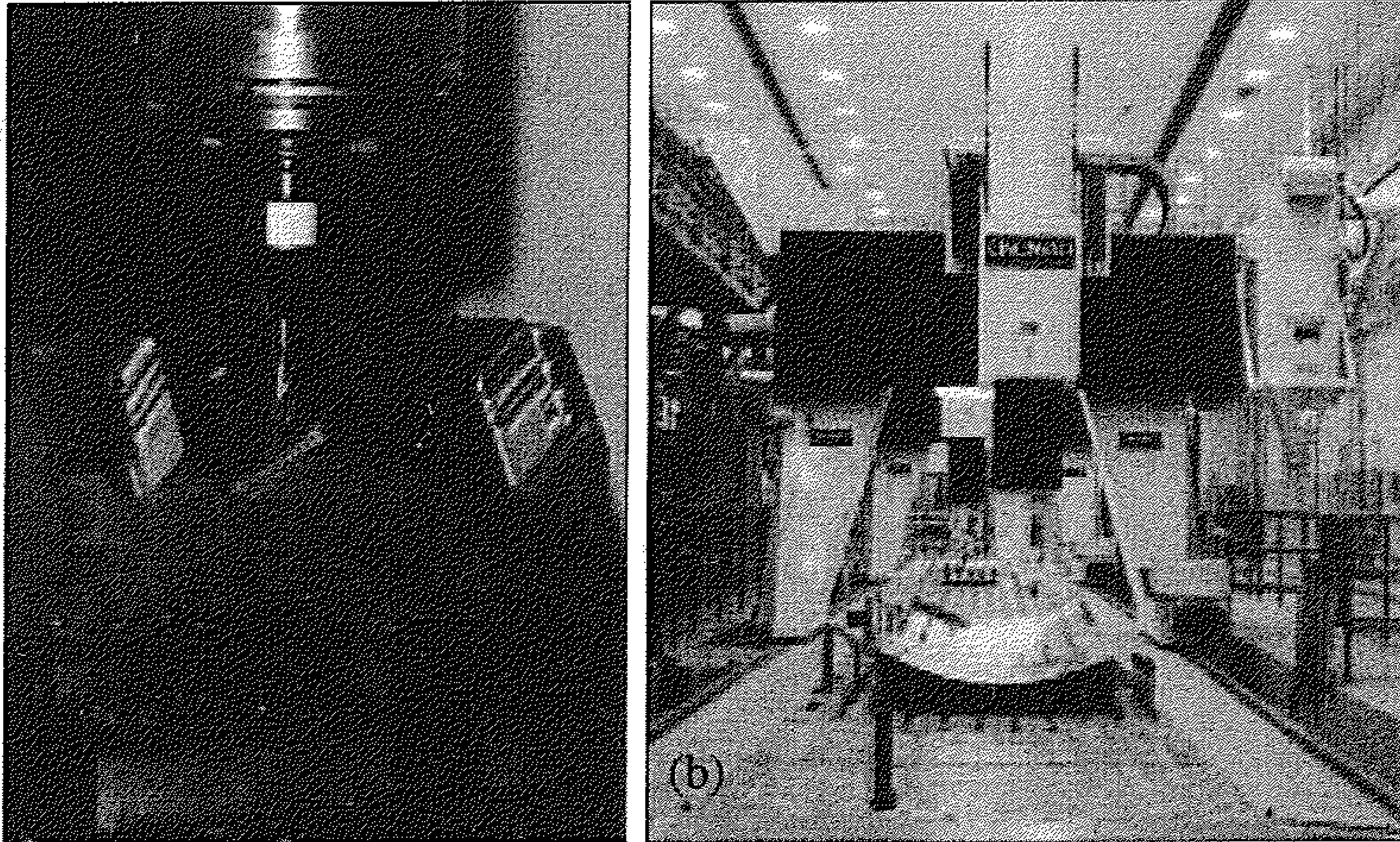


الشكل رقم (13- 8): a- ماكنة تفريز نطاحةb - جزء قيد التشغيل على هذه الماكنة

2.3.2.1.3 ماكنات التفريز الجانبي (Profile Milling M)

يمكن أن يتم إنجاز تشكيل جانبي ثنائي الأبعاد بواسطة إستخدام قالب معايرة أو مع ماكنة تفريز عمودية مسيطر عليها رقمياً. بعض المشكلات الجانبية (*Profiles*) تمتلك عِدة أعمدة دوران وعَدد من الأجزاء المزدوجة يمكن أن تنتج في كل دورة. تمتلك المشكلات الجانبية الهيدروليكية أجهزة إستشعار (*Stylus*) والتي تُجلب بتماس مع قالب المعايرة للبدء بالتشغيل، بعدها يقوم العامل بتحريك جهاز الإستشعار على طول قالب أو صفيحة المعايرة (*Template*)، مسبباً إنسياب سائل هيدروليكي تحت ضغط لإسطوانات تشغيل مضبوطة. تُحرك المنضدة الشُغلة فوق القاطع، ناسخاً شكل قالب المعايرة.

عملية التفريز الجانبي مستخدمة قاطع تفريز كروي من المقدمة موضحة في الشكل رقم (a-9-13) ، أما الشكل رقم (b-9-13) فيوضح ماكنة تفريز جانبي بخمسة محاور متعددة أعمدة الدوران. حفر القوالب وبقية العمليات المتضمنة تشغيل الفجوات يمكن أن تنفذ على مُشكلات ثلاثية الأبعاد. يتم صنع نموذج دقيق للفجوة من الخشب، الجص، أو من معدن لين، بعدها يقوم جهاز الإستشعار بإتباع خطوط النموذج الكنتورية، مرشدة القاطع مثلما يشغل خارج الفجوة. كذلك يمكن أن تستخدم ماكنات التفريز ذات التحكم الرقمي في هذا النوع من العمل.



الشكل رقم (13- 9): a- عملية تفريز جانبي مستخدمة قاطع تفريز خلفي كروي المقدمة b- ماكنة تفريز جانبي واسعة بخمسة محور متعدد أعمدة الدوران

3.13 أنظمة التشغيل ذات التحكم الحاسوبي (Computer Controlled M. S) .

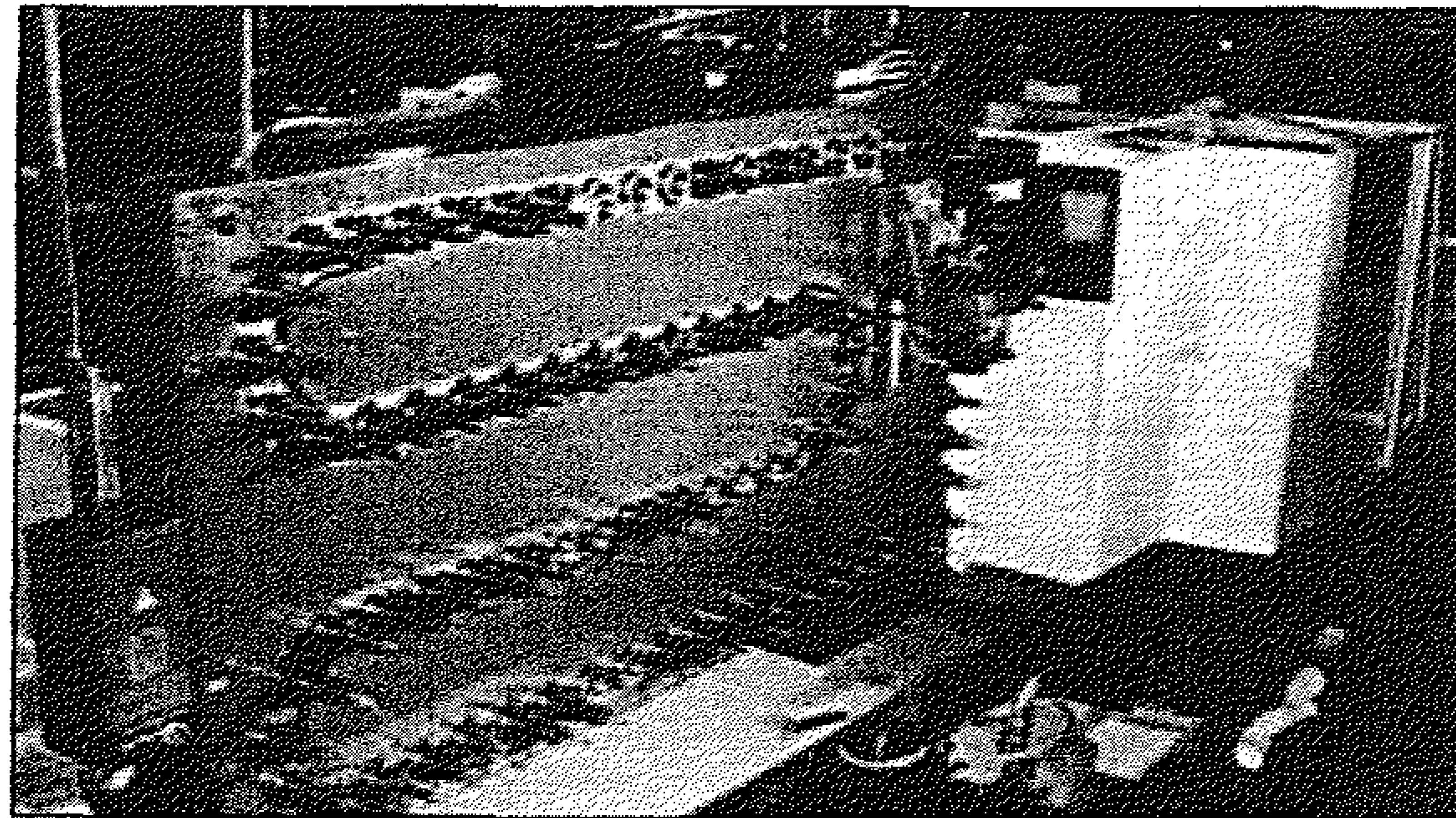
إن العديد من الماكنات القياسية التي تم مناقشتها في الفصول السابقة لهذا الكتاب قادرة على إنجاز عمليات تشغيل متعددة، على سبيل المثال المخرطة قادرة على الخراطة، التسوية، الثقب، التسنين وغيرها. ماكنة الثقب قادرة على الثقب، توسيع الثقوب، التغطيس، اللولبة الداخلية، وهكذا. على أية حال، عند

زيادة معدلات الإنتاج يتطلب ذلك توفير قدرة تشغيل إضافية، وهي على الأكثر دائماً تكون أكثر إقتصادية وعملية توفير ماكنات مُتعددة الوظائف قادرة لتغيرات سريعة، إستمرار التشغيل، والتشغيل الآلي.

إن مصطلح "الأتمتة" (*Automation*) إبتكر في عام 1950 وطبق للمُعدات التي تحمل وتفرغ الأجزاء آلياً. المصطلح الآن مقبول ليغطي إضافة إلى التحميل والتفريغ الوظائف مثل التشغيل، قياس حجم الشُغلة، تعديل الماكنة لتحفظ المقاس وإعادة دوران الشُغلة. أنظمة التصنيع المسيطر عليها بالحاسوب المناقشة هنا هي مراكز التشغيل ونظام التصنيع المرن.

1.3.13 مراكز التشغيل (Machining Centers) .

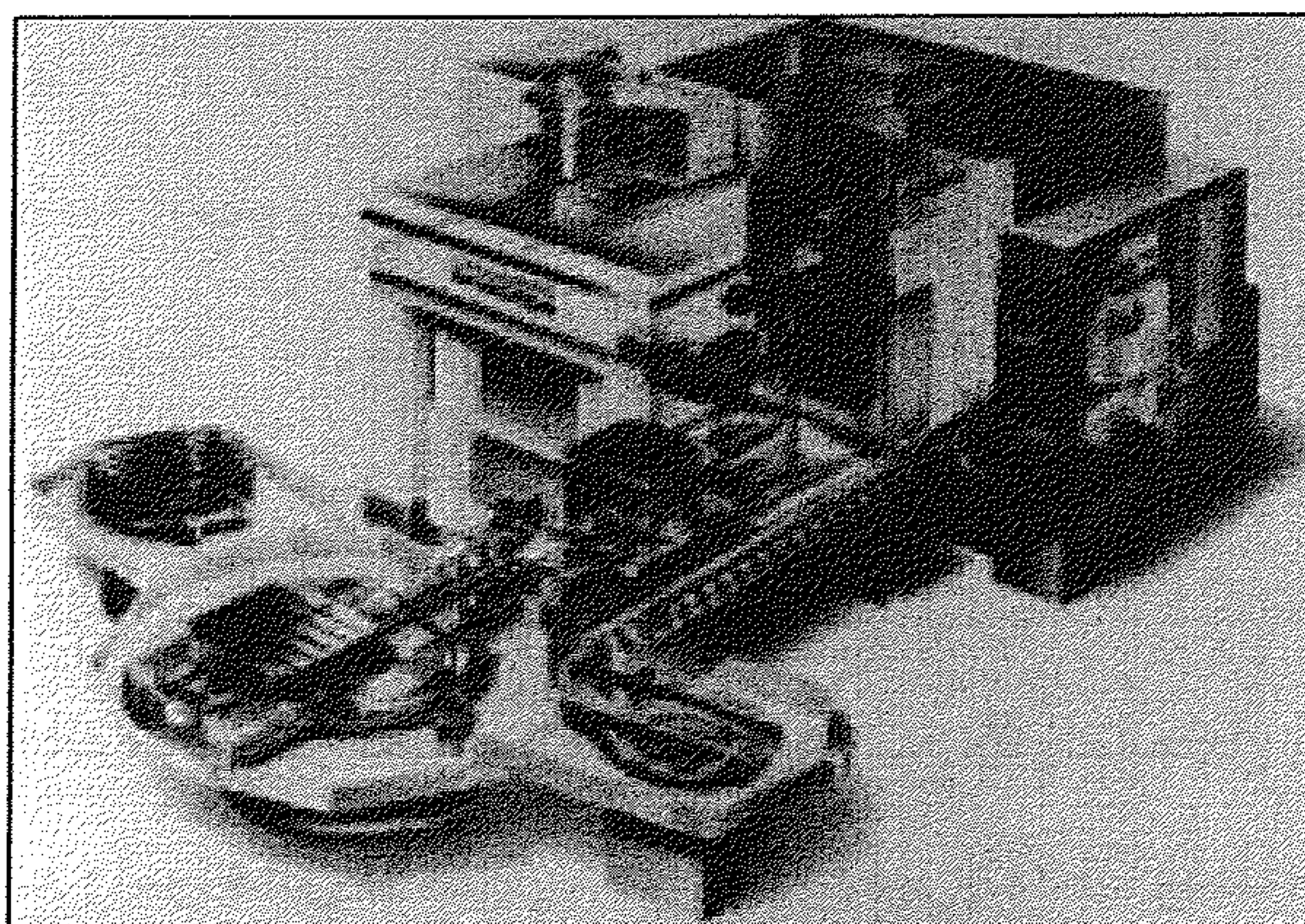
مراكز التشغيل تم تصميمها وبناءها لتعطي تصنيع مرن، حيث يمكن إستخدامها فقط لتشغيل أجزاء قليلة أو دورات الإنتاج الواسع. يمكن أن تكون البرمجة بسيطة نسبياً وإستخدام الدورات "المحلية" يزود بقسم واسع من التنوع وتعدد الإستخدامات. مركز التشغيل *NC* بواسطة التعريف قادر على إنجاز قطوعات التفريز، الثقب، وتوسيع الثقوب ويمتلك أما ماسكات عُدة برمجية التقسيم أو يزود بتغيير آلي للعُدة. مستودع ماسك عُدة موضح في الشكل رقم (13- 10). مراكز التشغيل تُبنى أما بشكل أفقي أو عمودي، والميزات النسبية لكل منهما سوف تناقش بشكل مختصر.



الشكل رقم (13- 10): عُدد مركز تشغيل يعاد تنصيبها في مستودع ماسك العُدة

1- **الماكنات الأفقية** (Horizontal Machines).

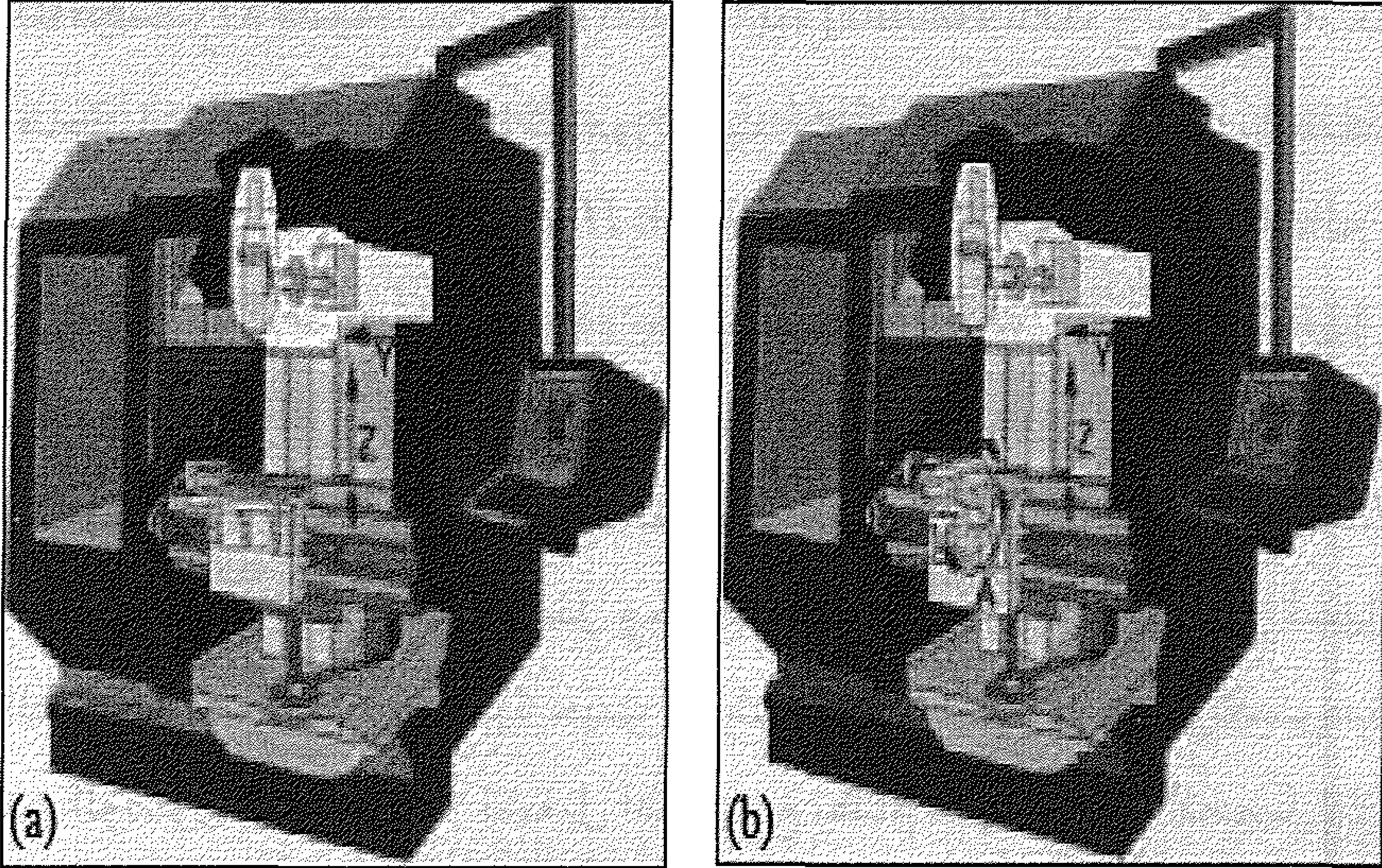
ماكنات التشغيل الأفقية تكون مفيدة للأجزاء ذات الشكل الصندوقي الثقيلة مثل مُبيتات التروس (*Gear Housing*) والتي تمتلك العديد من المعالم التي تحتاج أن تُشغل على الوجوه الجانبية، حيث الماكنة تسند الشُغلات الثقيلة لهذا النوع بسهولة. وإذا تم إضافة منضدة العمل المقسمة الدوارة فأن أربعة جوانب للشُغلة يمكن تشغيلها بدون إعادة التثبيت. أنظمة منصة التحميل (*Pallets Systems*) تُستخدم لنقل القطع داخل وخارج مركز العمل تميل لتكون أسهل من حيث التصميم للماكنات الأفقية حيث أي شيء في جبهة العمود الرئيسي مفتوح وممكن الوصول إليه. مركز تشغيل أفقي مع نظام نقل منصة التحميل موضح في الشكل رقم (13- 11).



الشكل رقم (13- 11): مركز تشغيل أفقي مع نظام نقل منصة التحميل

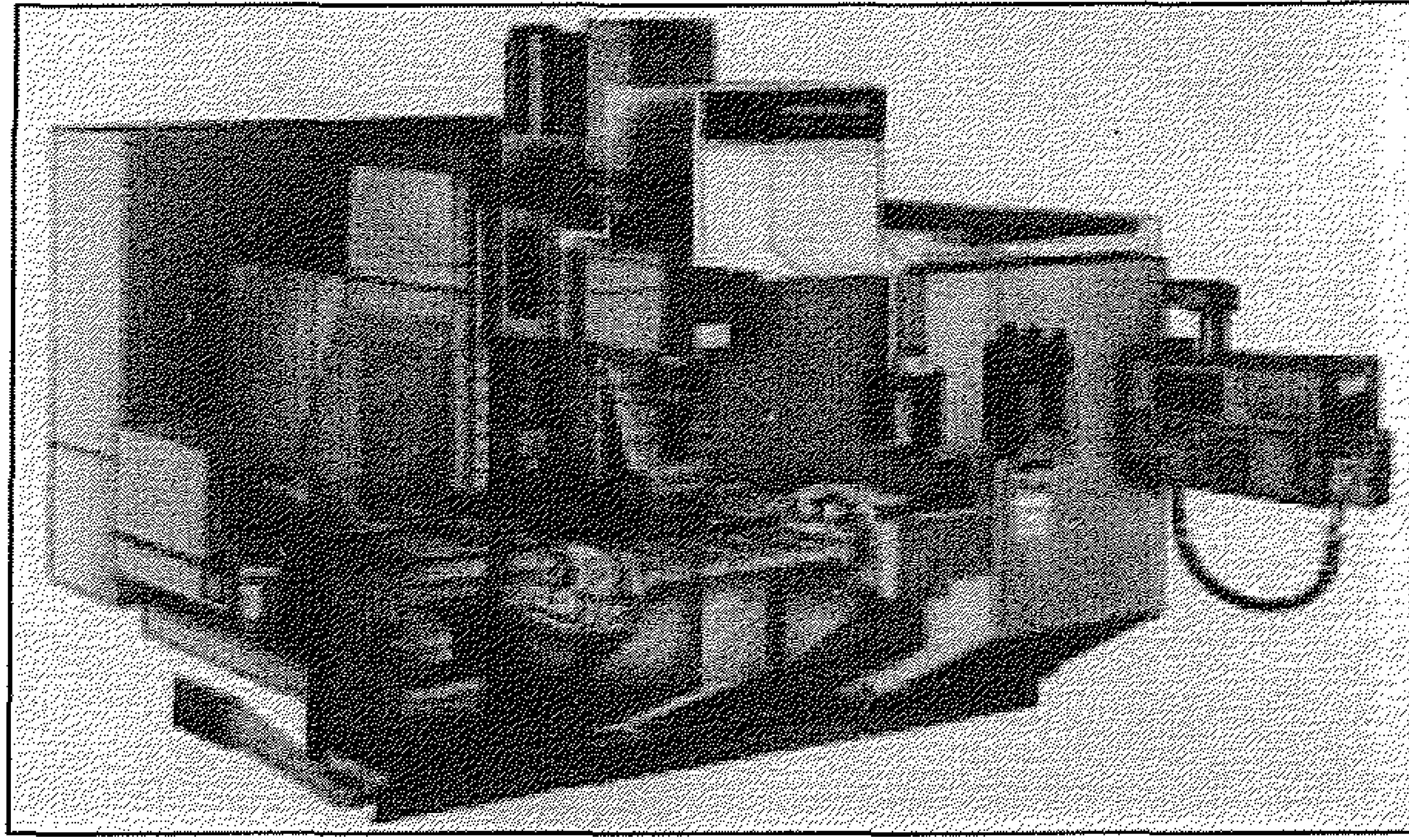
2- **الماكنات العمودية** (Vertical Machines).

تفضل مراكز التشغيل العمودية غالباً للأجزاء المسطحة التي يجب إن تمتلك ثقوب نافذة. إن المثبتات لهذه الأجزاء هي أكثر سهولة لتصمم وتبنى لعمود الدوران العمودي. كذلك قوة دفع القطع المتنامية في حافظات الثقب والتفريز يمكن أن تمتص مباشرة بواسطة فَرش الماكنة. حركات مركز تشغيل *CNC* بثلاثة وخمسة محاور موضحة في الشكل رقم (13- 12).

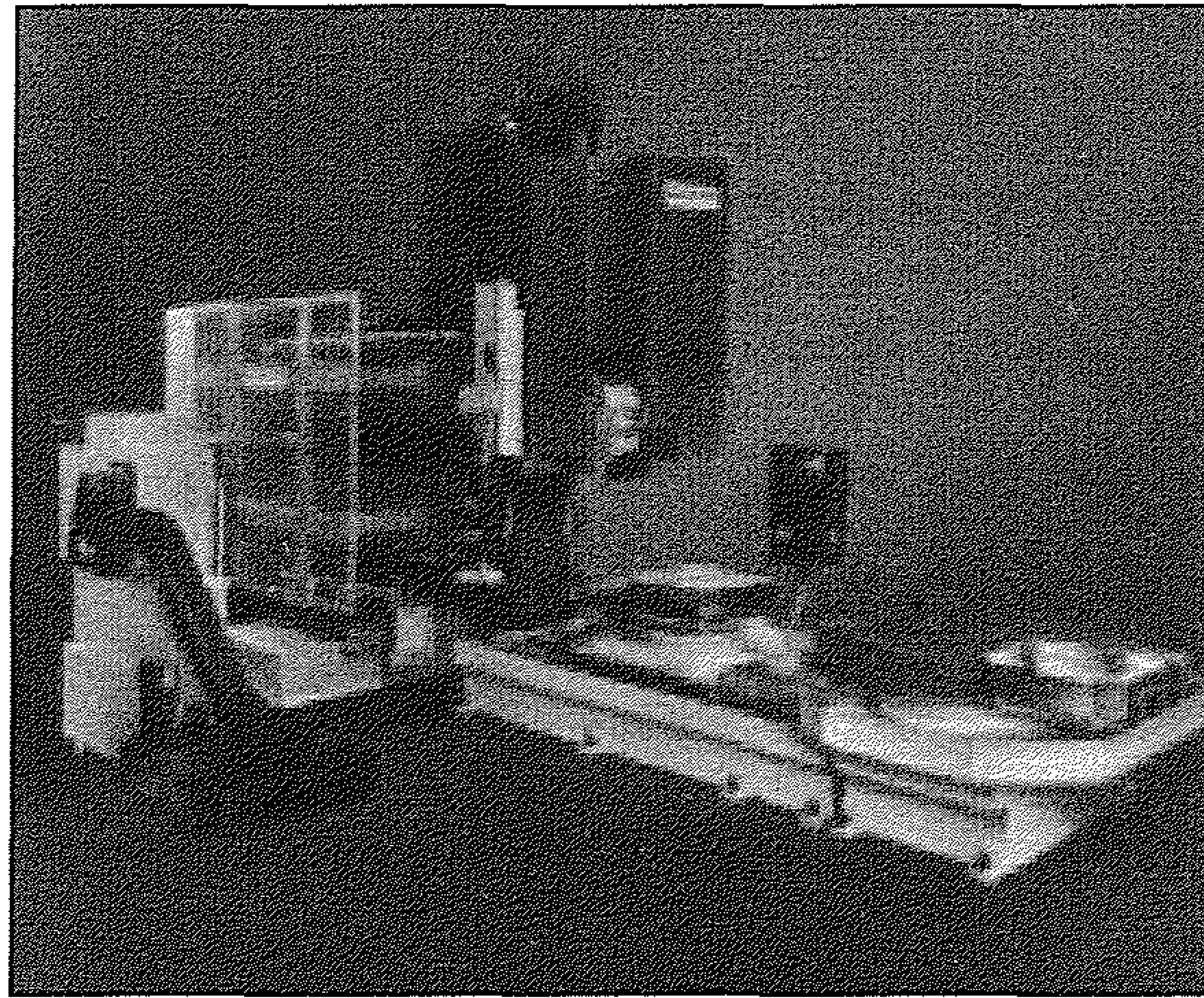


الشكل رقم (13- 12): a- حركات مركز تشغيل CNC بثلاثة محاور b- حركات مركز تشغيل CNC بخمسة محاور

تفضل الماكنة العمودية حيث العمل ثلاثي المحور يمكن إنجازه على وجه مفرد كما هو الحال في عمل القالب ومُشكل القالب. وزن رأس الماكنة العمودية عند إمتداده بعيداً عن العمود، خصوصاً في الماكنات الواسعة يكون عاملاً في المحافظة على الدقة، مثلما يمكن أن يكون هنالك ميلاً ليسقط ويفقد الدقة ويسبب الإصطكاك. مركز تشغيل عمودي موضح في الشكل رقم (13- 13) ومركز تشغيل مع رأس قابل للتعديل، مستودع تغير العُدة، ونظام منصة التحميل موضح في الشكل رقم (13- 14).



الشكل رقم (13- 13): مركز تشغيل عمودي



الشكل رقم (13- 14): مركز تشغيل مع رأس قابل للتعديل، مستودع تغير العُدة، ونظام منصة التحميل

2.3.13 أنظمة التشغيل المرنة (Flexible Machining Systems).

تستخدم أنظمة التشغيل المرنة واحد أو أكثر من مراكز التشغيل ، عادة يتزامن مع المعدات الأخرى لإنتاج شُغلات متوسطة الحجم. نظام المناولة للشُغلة يكون مطلوب، والحاسوب المركزي يسيطر بشكل نموذجي على كامل الترتيب أو المنظومة. نظام تشغيل مرن موضح في الشكل رقم (13- 15).



الشكل رقم (13- 15): نظام تشغيل مرن

ويضم نظام التشغيل المرن جزئيين هما :

1. مناولة المادة (Material Handling).

تتحرك الأجزاء من المخزن وبين عناصر الماكنة بواسطة وسائل لأحد أنواع الأنظمة المختلفة المتعددة. نظام مناولة المادة المختار يجب أن يكون قادر لتسيير أي جزء لأي ماكنة في أي أمر وكذلك تزود بمستودع للأجزاء في مقدمة كل ماكنة لأدراك أعظم إنتاجية. تُحمل الأجزاء وتُفرغ يدوياً من الماكنة. الأنواع المختلفة لأنظمة مناولة المادة تتضمن: عربات موجهة آلياً ،أنظمة خط السحب، أنظمة ناقلة بإسطوانات دوارة، أنظمة النقل العلوية، السكك الأُحادية، الرافعات، والروبوتات. نظام مناولة المادة (*FMS*) موضح في الشكل رقم (13- 16).



الشكل رقم (13- 16): نظام مناولة المادة (FMS)

1. أنظمة التحكم (Control Systems).

التحكم الحاسوبي لأنظمة التشغيل المرنة يمتلك ثلاثة مستويات وظيفية هي :

1- التحكم الرئيسي (Master Control).

التحكم الرئيسي يُراقب ويتحكم بكامل النظام، ويتضمن تسيير الشُغلات للماكنات الملائمة، جدول العمل، ومراقبة وظائف الماكنة.

2- التحكم الرقمي المباشر (Direct Numerical Control).

حاسوب (*DNC*) يوزع البرامج الملائمة لماكنات *CNC* المفردة ويشرف ويراقب عملياتها.

3- تحكم العنصر (Element Control).

المستوى الثالث الأوطأ هو تحكم الحاسوب على دورات التشغيل للماكنات المفردة.

4.13 توصيلات ومُلحقات ماكنة التفريز (M. M Attachments & Accessories)

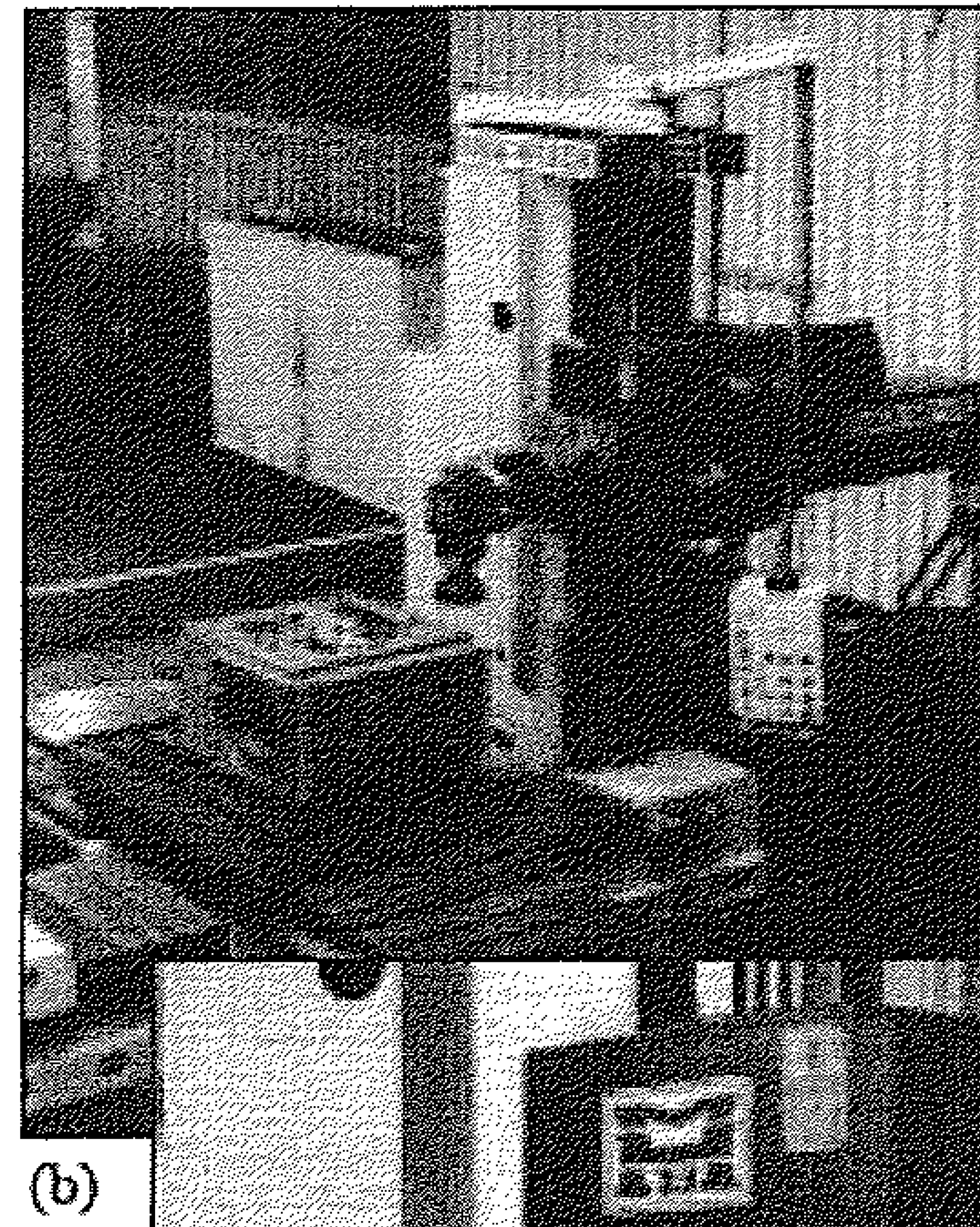
العديد من المُلحقات طُورت لماكنات التفريز، البعض منها خاص ويمكن إستخدامه فقط لعمليات قليلة، أما الباقي مثل الملازم، محاور الدوران، والأطواق تستخدم على الأغلب في كل عمليات التفريز.

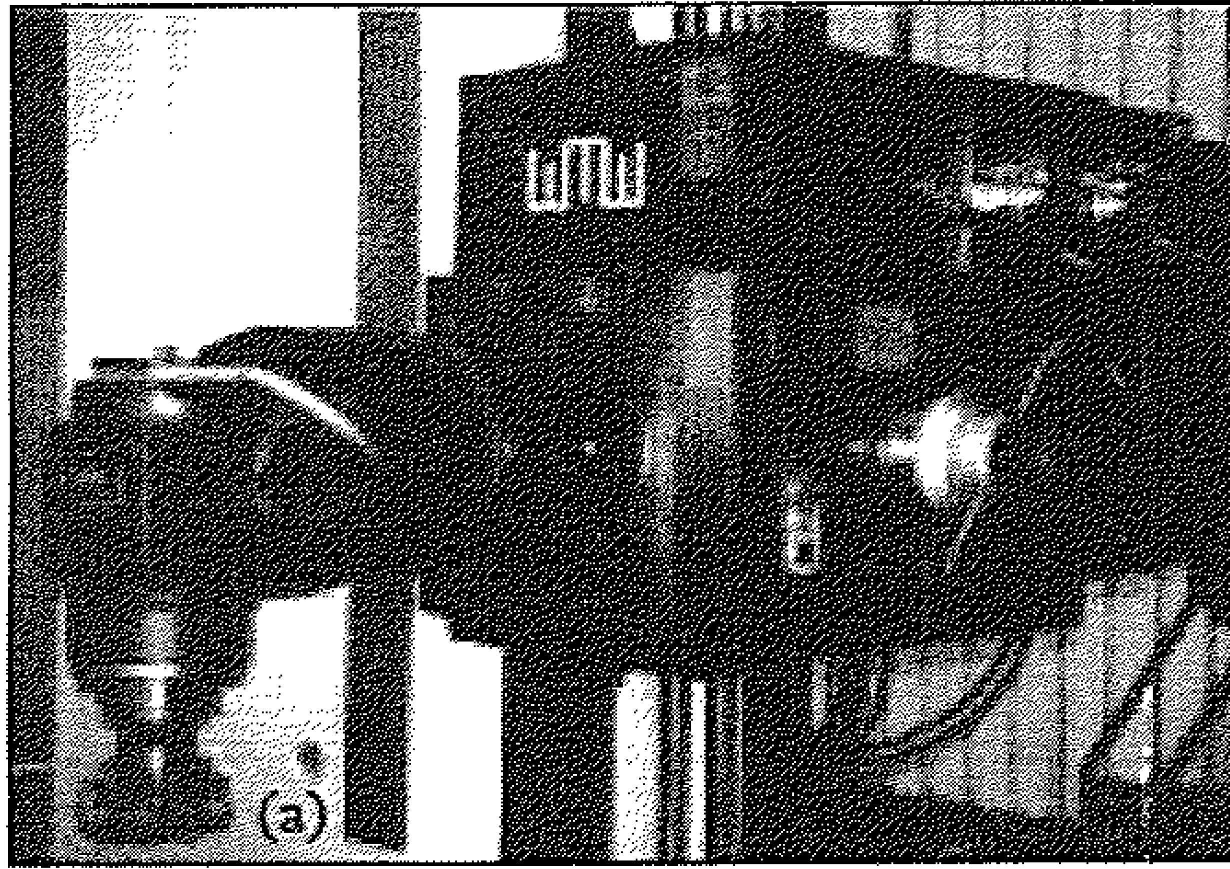
1.4.13 رؤوس التفريز الخاصة (Special Milling Heads) .

طُورت أنواع عديدة من الرؤوس الخاصة ليتم إستخدامها على ماكنات التفريز الأفقية أو العمودية. هذه المُلحقات تُزيد جوانب إستعمال الماكنة. على سبيل المثال فأن الرأس العمودي يمكن أن يُربط لماكنة التفريز ذات العمود الأفقي والركبة التقليدية ، وتُزيد فائدتها بشكل كبير، خصوصاً في الورش الصغيرة مع عَدد محدود من الماكنات.

1- **الرؤوس العمودية** (Vertical Heads).

تربط الرؤوس العمودية لوجه العمود أو الذراع العلوي لماكنة التفريز الأفقية. إن الرأس هو ملحق شبه عام، الذي يدور فقط على محور موازي لخط المركز لعمود الدوران، أو يكون عام الغرض بشكل كامل. الرؤوس عامة الغرض كلياً يمكن أن تنصب لتقوم بقطع زوايا مركبة. كلا النوعين من الرؤوس يزود بالقدرة بواسطة عمود دوران ماكنة التفريز ويقبل محاور الدوران والأطواق القياسية. رأس تفريز عام الغرض مربوط موضح في الشكل رقم (a-17-13)، والشكل رقم (b-17-13) يوضح رأس تفريز عام الغرض قيد الاستخدام على ماكنة تفريز أفقية.





الشكل رقم (13- 17): a- توصيلة رأس تفريز عام الغرض b- توصيلة رأس تفريز عام الغرض قيد الإستخدام على ماكنة تفريز أفقية

-2 **توصيلة التفريز المسننة** (Rack-Milling Attachment).

تربط توصيلة التفريز المسننة ببراغي لمُبيت عمود دوران ماكنة التفريز. إن عمود دوران هذه التوصيلة يكوم بزاوية قائمة لعمود الدوران الرئيسي للماكنة. يمكن أن تعزز كل من المسننات الحلزونية والعَدِلة مع هذه التوصيلة ، ويمكن كذلك أن تستخدم لتفريز التروس الدودية. تمتلك بعض توصيلات التفريز المسننة مسند جانبي أو خارجي لعمود الدوران ، والذي يجعل من الممكن عمل قطوعات عنيفة.

-3 **توصيلة فتح المجاري** (Slotting Attachment).

يتم ربط هذه التوصيلة ببراغي إلى عمود ماكنة التفريز الأفقية ويمكن أن تدور بزاوية 90° في أي إتجاه من الموضع العمودي. تستخدم هذه التوصيلة بشكل أولي لصناعة العُدد وعمل النموذج الأولي لمجاري الخوابير، المُخددات الداخلية، والفجوات المربعة أو المستطيلة. الذراع الذي يدير المنزلق الترددي يُعاد مباشرة بواسطة عمود الدوران والشوط قابل للتعديل.

-4 **توصيلة السرعة العالية** (High Speed Attachment).

عندما يكون من الضروري رفع سرعات عمود الدوران فوق مدى التشغيل، فأنه يمكن وضع توصيلات السرعة العالية على كل من ماكنات التفريز الأفقية والعمودية. تستخدم مجموعة مسننات بشكل عام لزيادة السرعة أكثر بكثير من (6- 1) والتي تسمح بإستخدام أكثر كفاءة للقواطع الصغيرة.

2.4.13 الملازم والمُثبتات (Vises and Fixtures).

في جميع عمليات التفريز، تُمسك الشُغلة بواسطة المُثبتات، الملازم، أو القامطات. في معظم الحالات تُمسك الشُغلة بشكل ثابت نسبة للمنضدة بينما تكون قيد التشغيل، ولكن الشُغلة التي تُمسك برؤوس التقسيم والمناضد الدوارة يمكن أن تتحرك في مستويين بينما تتقدم عمليات التشغيل.

1- **الملزمة البسيطة** (Plain Vise).

تدار ملازم التفريز البسيطة الموضحة في الشكل رقم (13-18-a) بواسطة لولب ذو أسنان منبسطة، وفك قابل للحركة يتحرك على أما منزلق دوفتيل أو منزلق مستطيل. تُسبك الملازم عادة من حديد الزهر الرمادي عالي الدرجة أو الحديد المطيلي ويمكن أن تعامل حرارياً. يتم ربط خوابير فولاذية في مجاري مشغلة داخل أسفل الملزمة، متوازية مع العمود للفك الثابت لتسمح بتحديد الموقع بدقة على منضدة التفريز. إن لُقم الفك (*Jaw Inserts*) تكون عادة من الفولاذ السبائكي المعامل حرارياً وتربط بواسطة لولب بدون صامولة. تصنف أنواع الملازم البسيطة حسب عُرض الفك وأعظم فتحة له. إن ملازم التفريز البسيطة المُشغلة بالحدبة تستخدم بشكل واسع لإنتاج الشُغلات بسبب توفيرها للوقت والجهد وضغط التثبيت المتجانس الممكن الحصول عليه فيها.

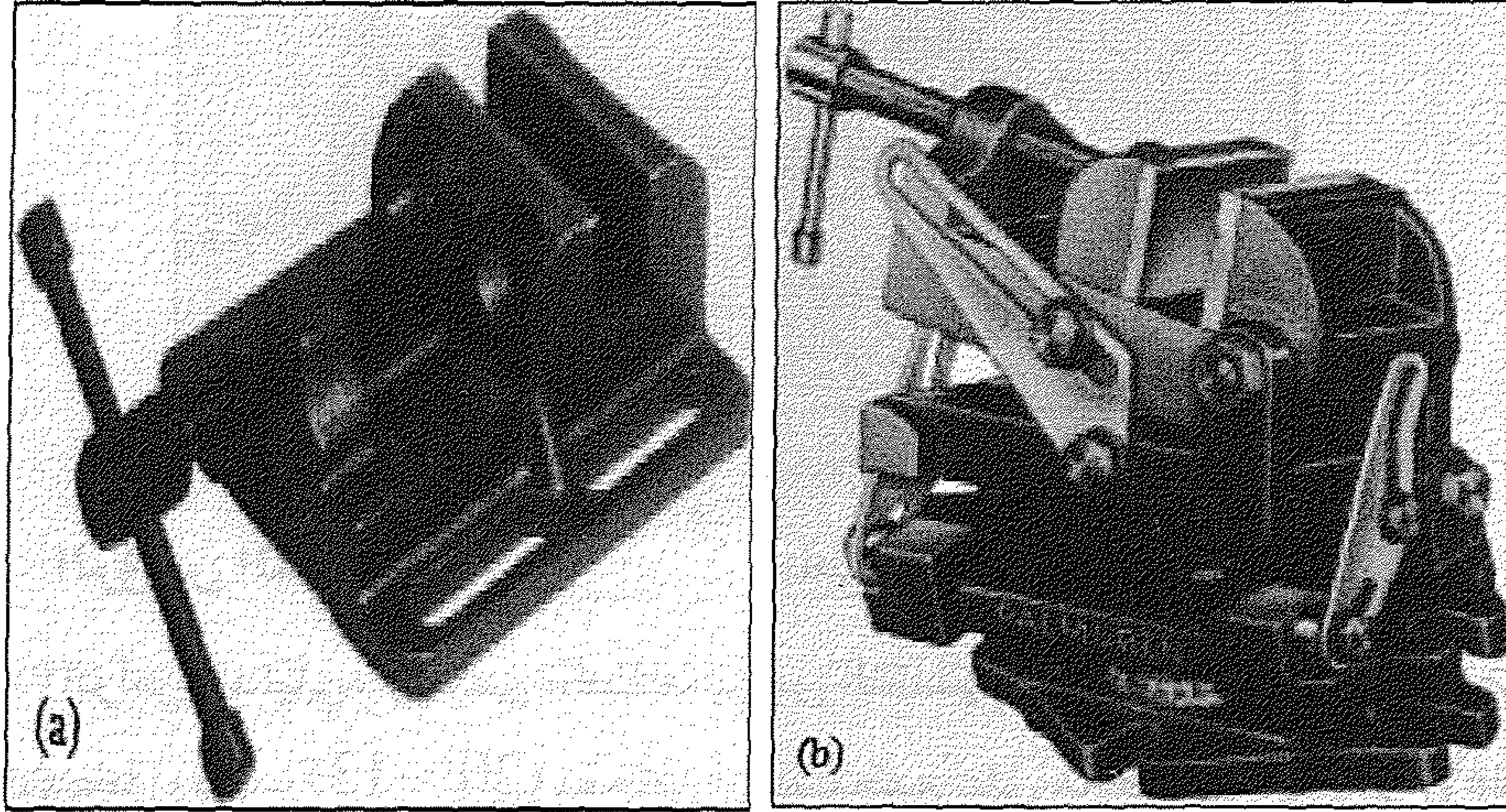
2- **ملزمة القاعدة الدوارة** (Swivel – Base Vise).

ملزمة القاعدة الدوارة هي أكثر ملائمة للإستخدام من الملزمة العادية، على الرغم من إنها أقل جساءة إلى حد ما في التركيب. يتم شق القاعدة المقسمة إلى درجات من أجل الخوابير التي ترصف مع شقوق T في المنضدة. الجزء العلوي للملزمة يربط للقاعدة بواسطة براغي–T التي تتعشق مع شق T الدائري. عندما تستخدم ملزمة القاعدة الدوارة على ماكنة التفريز مع رأس شبه عام الغرض، فأن ذلك يجعل من الممكن تفريز زوايا مركبة على الشُغلة.

3- **الملزمة جامعة الأغراض** (Universal Vise).

تستخدم الملزمة جامعة الأغراض والموضحة في الشكل رقم (13-18-b) غالباً في ورش صناعة القوالب، نماذج الشُغلات الأولية. قاعدة الملزمة تكون مقسمة إلى درجات وتربط إلى المنضدة بواسطة براغي T. الجزء الوسطي للملزمة يمتلك مرتكز دوران أفقي الذي تدور الملزمة نفسها فوقه 90°. بسبب نقاط

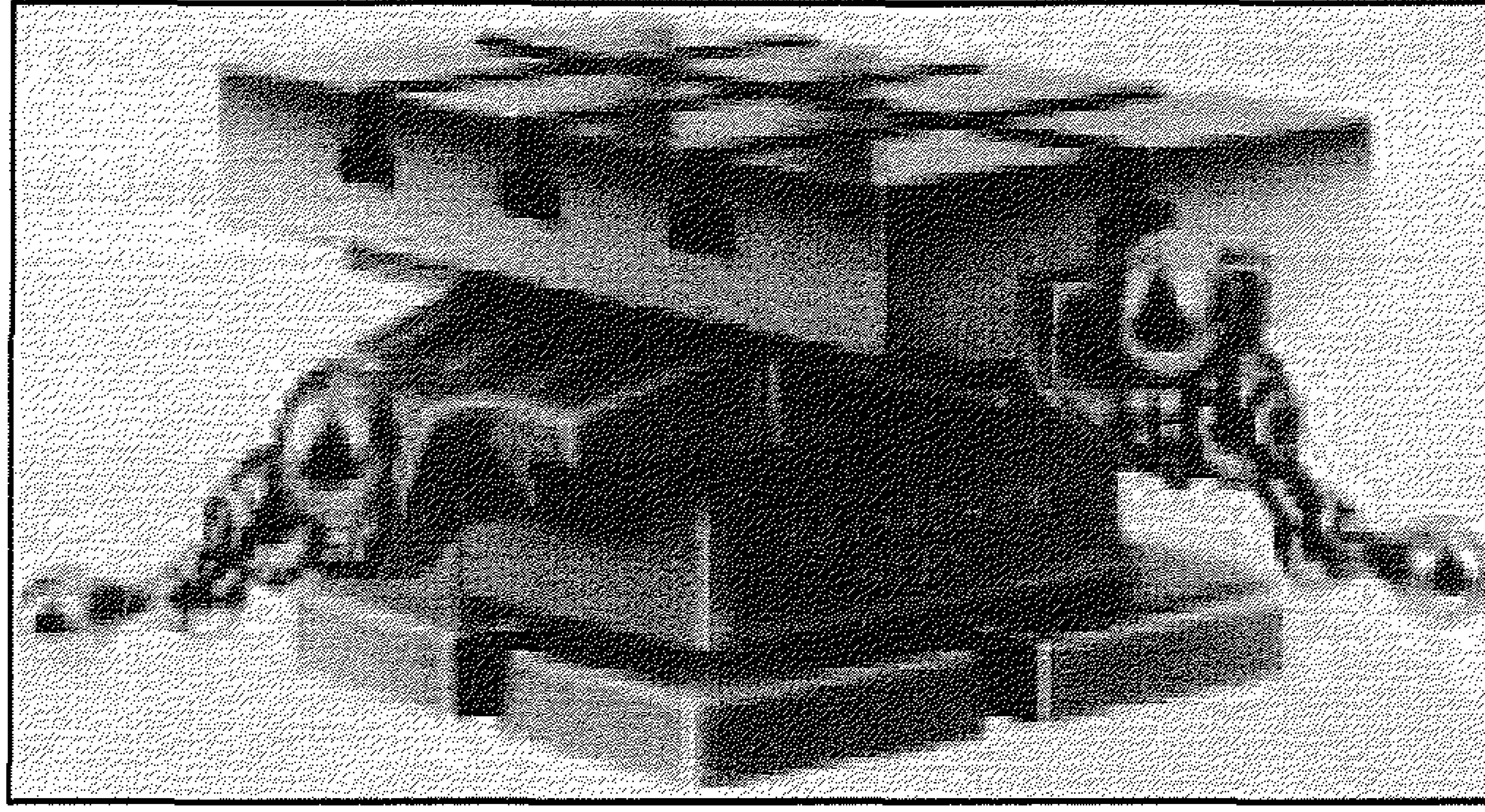
الوصل العديدة ومرتكزات الدوران في الملزمة، فأنها عادة تكون أقل جساءة من بقية أنواع ملازم ماكنة التفريز.



الشكل رقم (13- 18): a- ملزمة عادية بسيطة b- ملزمة جامعة الأغراض

4- الألواح الزاوية (Angle Plates).

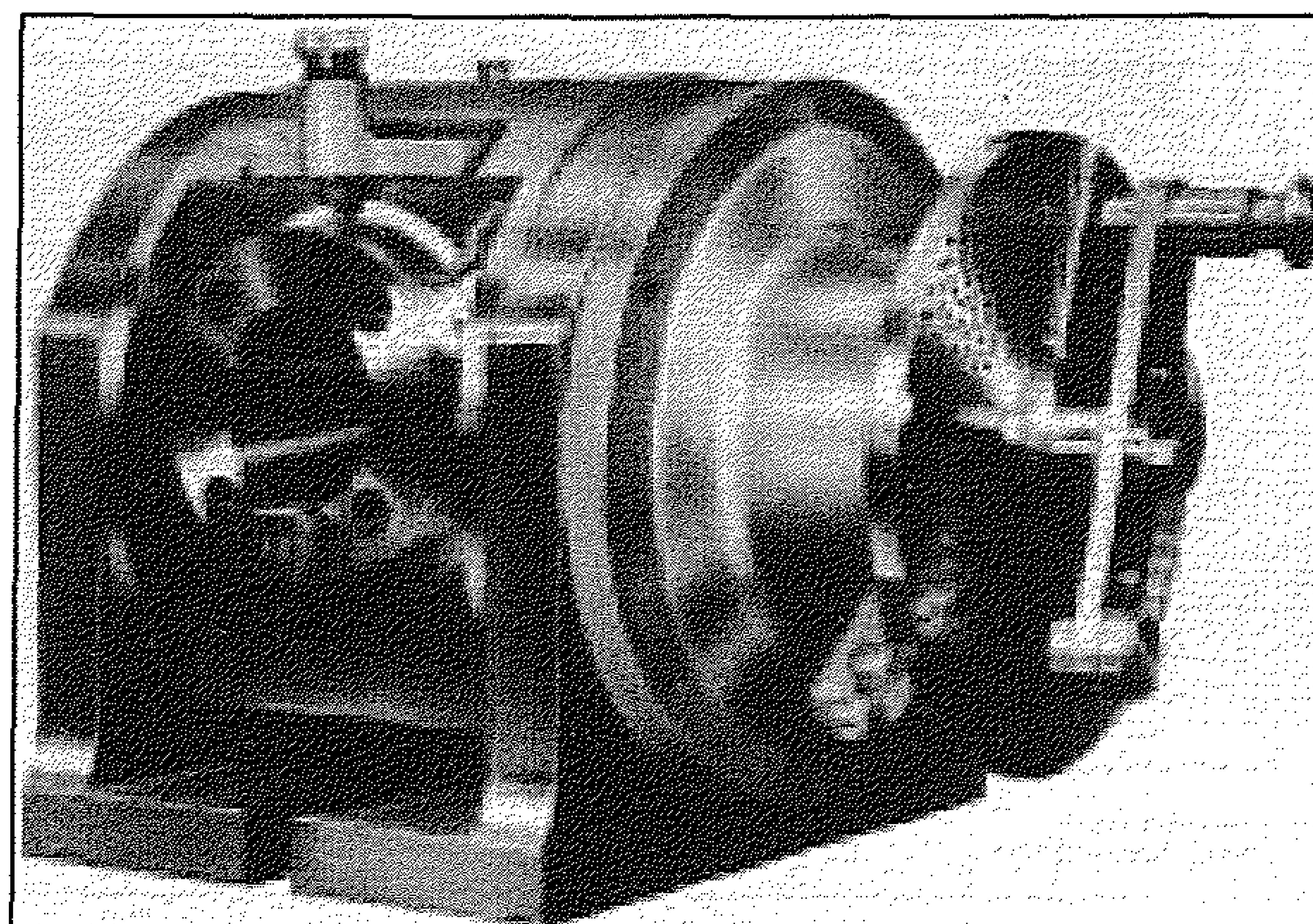
تستخدم أنواع عديدة من الألواح الزاوية لمسك الشُغلة أو مثبتات ماسك الشُغلة للتفريز كما في الشكل رقم (13- 19). تتوفر الألواح الزاوية البسيطة بشكل مشقوق-T (*T-Slotted*) أو مسدود (*Blank*) وعادة تكون من مسبوكات الحديد القوي. الألواح الزاوية القابلة للتعديل يمكن أن تميل في إتجاه واحد فقط أو تمتلك قاعدة دوارة. الألواح الزاوية تكون مفيدة جداً لشُغلات التفريز غير منتظمة الشكل ولا يمكن تثبيتها بسهولة في الملزمة. مُثبتات الإمساك (*Holding Fixtures*) والتي هي جمع للوح زاوي بسيط وطوق تستخدم في بعض الأحيان لمسك الشُغلة المدورة أو السداسية للتفريز. مُثبت الإمساك الطوقي يمكن أن يُشغل يدوياً أو بالهواء. كلا النوعين يمكن أن يربط لمنضدة التفريز في الوضع العمودي والأفقي أو تربط للوح الزاوي القابل للتعديل لمسك الشُغلات بزوايا مركبة أو بسيطة للمنضدة أو لسطح مرجعي آخر.



الشكل رقم (13- 19): المناضد الزاوية القابلة للتعديل

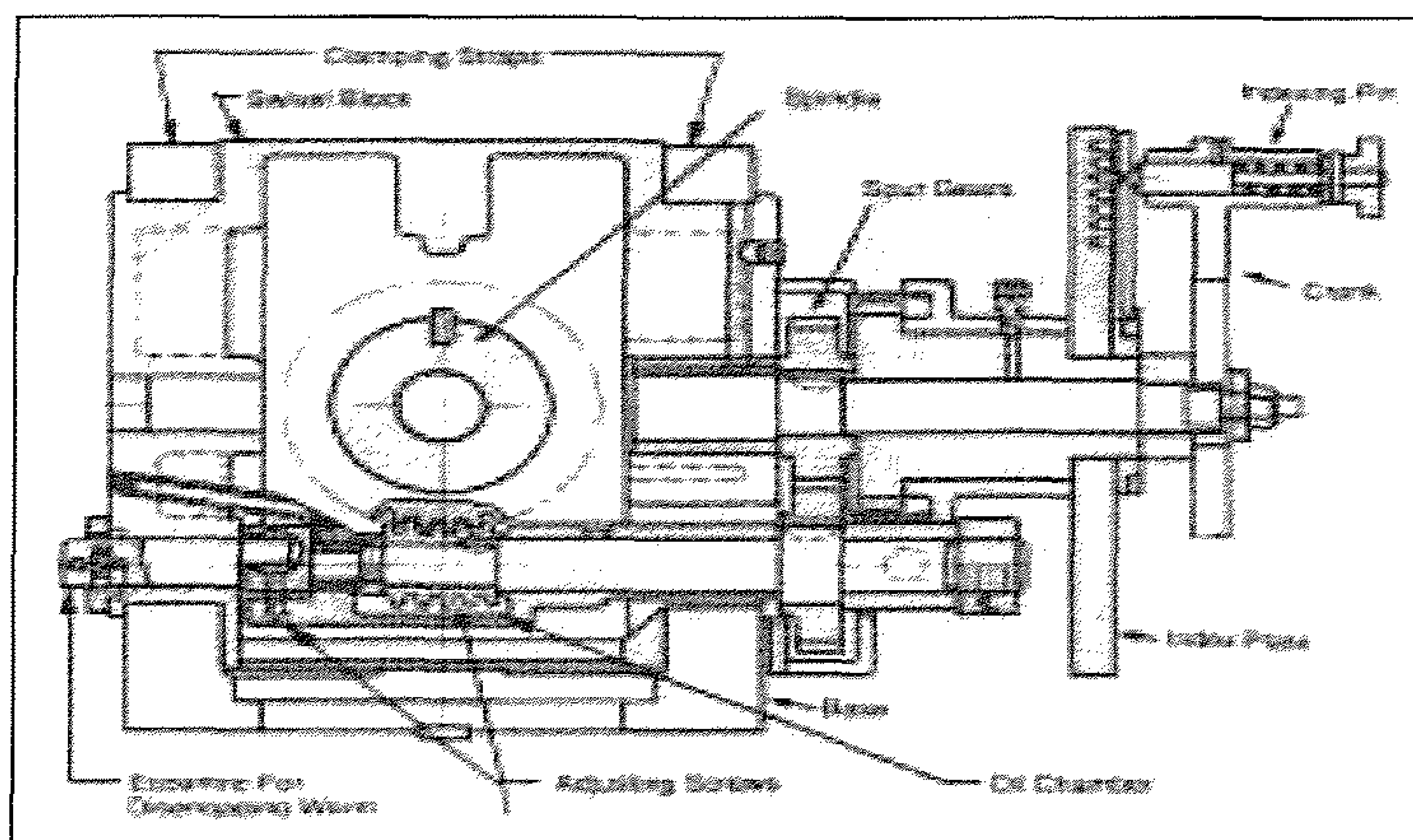
5- الرؤوس الدليلية (Indexing Heads).

الرأس الدليلي، ويدعى كذلك برأس التقسيم (*Dividing Head*) الموضح في الشكل رقم (13- 20) يمكن أن يستخدم على ماكنات التفريز الأفقية والعمودية للمباعدة بين القطعات لعمليات التشغيل مثل صنع المُخددات (*Splines*)، التروس (*Gears*)، الدولاب الدودية *Wheels* (*Worm*)، والأجزاء الأخرى التي تحتاج إلى دقة في التقسيم. يمكن أن تعشق الرؤوس الدليلية للولب المنضدة من أجل عمليات التفريز الحلزوني مثل قطع الأخاديد في المثاقب الإلتوائية وصنع التروس الحلزونية. يمكن أن يكون رأس التقسيم أما رأس عادي أو جامع الأغراض. إن الرؤوس العادية لا يمكنها الميلان بينما جامعة الأغراض يمكنها ذلك حيث يمكن أن تميل عمودياً أو بأي وضع وسطي. عمود دوران رأس التقسيم يمكن أن يتوافق مع الظرف، أو مع بقية أجهزة إمساك الشُغلة، متضمنة الأطواق أو المراكز. الشكل رقم (13- 21) يمثل مقطع عرضي لرأس التقسيم.



الشكل رقم (13- 20): رأس تقسيم أو رأس دليلي

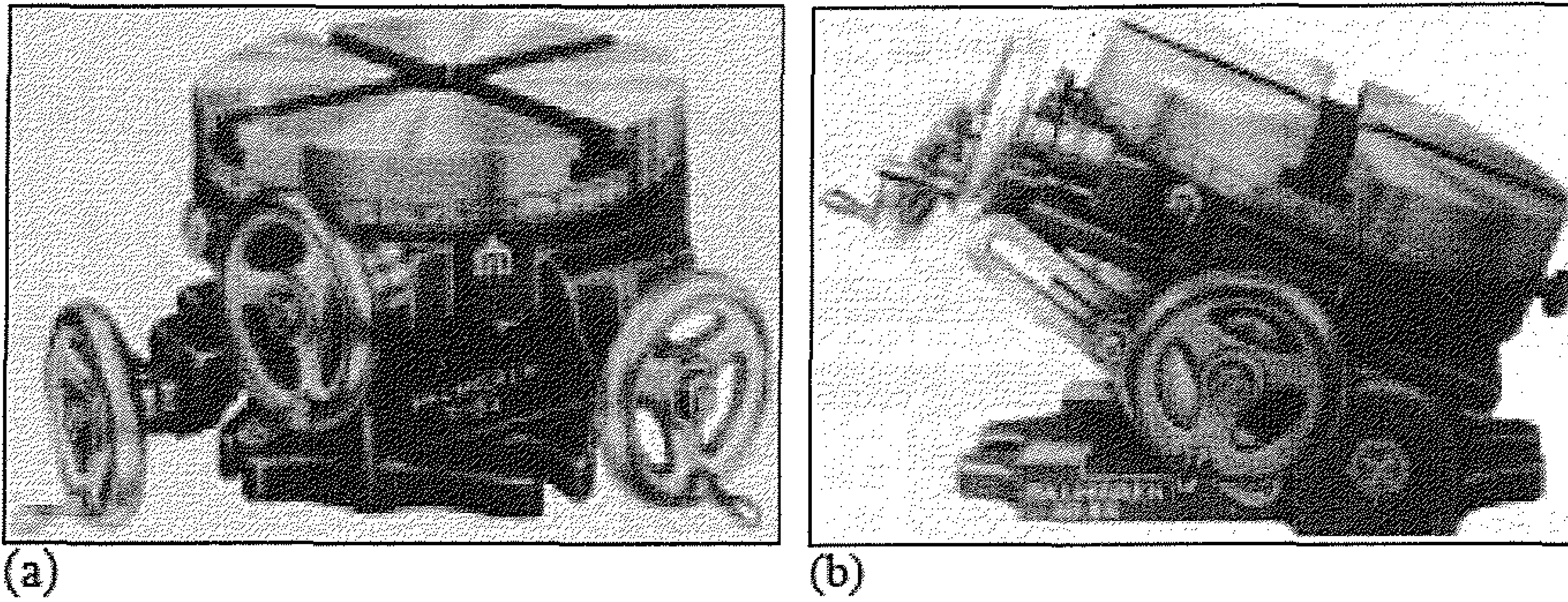
معظم رؤوس التقسيم تمتلك نسبة إختزال الدودة و الدولاب *(Worm and Wheel)* مساوية إلى (1:40)، حيث تتطلب (40) دورة للذراع اليدوي لصنع دورة واحدة لعمود الدوران. عندما تتوفر ألواح التقسيم الضرورية، فأن كل التقسيمات فوق ومتضمنة (50) يمكن أن تنجز بواسطة التقسيم العادي. من أجل بعض الأرقام فوق (50) يكون من الضروري إستخدام التقسيم التفاضلي *(Differential Indexing)*. في السنوات الحديثة، أصبحت المُقسمات الدقيقة القابلة للبرمجة شائعة في الورش بشكل واضح من أجل تنفيذ العمل الذي يحتاج إلى تباعد دقيق لنماذج الثقب المعقد على السطوح. الدليل (المُقسم) يمكن أن ينصب مع محور الظرف عمودياً أو أفقياً وفي بعض الحالات، يمكن أن يستبدل الظرف مع مثبت إمساك أو صينية معمولين خصيصاً لهذا الغرض. يمكن أن يستخدم الغراب المتحرك لإسناد نهاية الشُغلة أذا كان من الضروري ذلك. إن المتحكم *(Controller)* يكون قادر على خزن سلسلة برامج والتي يمكن أن تدمج أكثر من 100 خطوة أو موقع تشغيلي.



الشكل رقم (13- 21): منظر لمقطع عرضي لرأس تقسيم

6- المنضدة الدوارة (Rotary Table).

المناضد الدوارة (الشكل رقم (13- 22)) متوفرة في مدى واسع من الأحجام ويمكن أن تستخدم على كلا النوعين لماكنات التفريز العمودية والأفقية. معظم المناضد الدوارة يمكن أن تربط كذلك مع الوجه عند زاوية 90° لسطوح منضدة ماكنة التفريز. يمتلك وجه المنضدة الدوارة أربعة أو أكثر من الشقوق حرف T وثقب حفر دقيق في المركز، والذي يتمركز مع المحور الذي تدور المنضدة حوله. قاعدة المنضدة الدوارة، التي تشتمل على آلية أدارة دودية، مقسمة إلى عَدد من التدريجات، ويمكن أن تدرج عجلة الإدارة اليدوية بزيادات أصغر من (5) دقائق أو (1\12) للدرجة الواحدة.



(a) (b)

الشكل رقم (13- 22): a- المناضد الدوارة العادية b- المناضد الدوارة القابلة للميلان

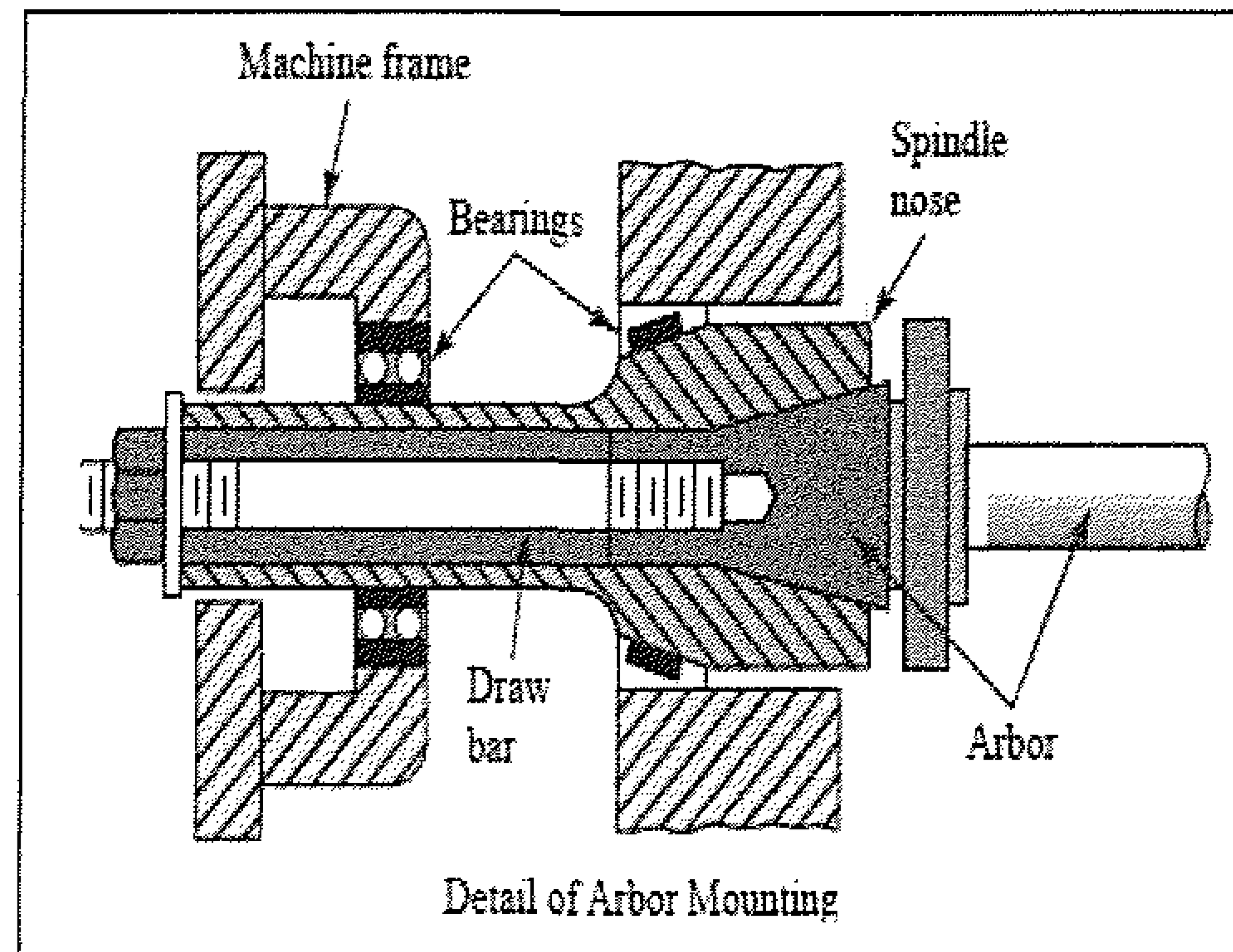
في بعض المناضد الدوارة، يمكن أن يربط لوح التقسيم إلى القاعدة، ويمكن كذلك أن تُعشق المناضد الدوارة مع عمود تغذية المنضدة. عندما يتم الربط بهذا الإسلوب، فأن المنضدة الدوارة يمكن أن تستخدم لصنع الحدبات المسطحة ولتوليد عَدد آخر للأشكال غير المنتظمة.

3.4.13 محاور الدوران ، الأطواق ، وماسكات العُدة (Arbors , Collets , and Tool Holders)

إن العديد من الأنواع الأساسية من محاور الدوران والأطواق تستخدم لمسك قواطع التفريز ونقل القدرة من عمود الدوران إلى القاطع. وبغض النظر نوعها ، فأنها عادة تصنع بدقة من الفولاذ السبائكي وتُعامل حرارياً لمقاومة البلى ومنها المقاومة المطلوبة.

1.3.4.13 محاور الدوران (Arbors) .

تتوفر محاور الدوران لماكنات التفريز الأفقية (الشكل رقم (13- 23)) في ثلاث تصاميم رئيسية هي (*C , B , A*). مسمار السحب (*Draw Bolt*) الذي يذهب خلال عمود دوران الماكنة ، يُشد داخل النهاية الصغيرة للاستدقاق ويسحب محور الدوران بشدة داخل الثقب المستدق في عمود دوران ماكنة التفريز. تُنقل القدرة من عمود الدوران إلى محور الدوران بواسطة خابورين قصيرين يتعشقان مع الشقوق التي على شفة محور الدوران.



الشكل رقم (13- 23): رسم تخطيطي لمحور دوران مثبت بمسمار سحب يستخدم في ماكنات التفريز الأفقية

1. محاور دوران التصميم (*A*) (Style- A).

تضم جزء مستدق يتوافق مع عمود الدوران ، العمود الذي يتوافق فيه القاطع أو القواطع، الفواصل، والصامولة. يمتلك العمود مجرى خابور على طوله الكلي. وتمتلك النهاية الخارجية لمحور الدوران دليل (*Pilot*) الذي يتوافق داخل جُلبة برونزية في المُسند الخارجي للذراع العلوي لماكنة التفريز (الشكل رقم -b) (24-13). يمكن أن يثبت قاطع واحد أو أكثر على محور الدوران، وأما أن تكون متجاورة لبعضها البعض أو مفصولة بواسطة فواصل (*Spacers*) وإسفين مباعدة (*Shims*). يستخدم هذا النوع من محاور الدوران بشكل أساسي لأعمال التفريز ذات الإنجاز الخفيف والمتوسط.

2. محاور دوران التصميم (*B*) (Style-B).

تستخدم لعمليات التفريز العنيفة، خصوصاً إنها ضرورية لتزود بمسند ملاصق لقاطع التفريز، مثل عملية التفريز المزدوج (*Milling Straddle*). يمكن أن توضع جُلبة تحميل واحدة (*Bearing Sleeve*) أو أكثر على المحور أقرب ما يكون للقواطع قدر الإمكان. يستخدم مسند تحميل خارجي لكل جلبة تحميل على محور الدوران.

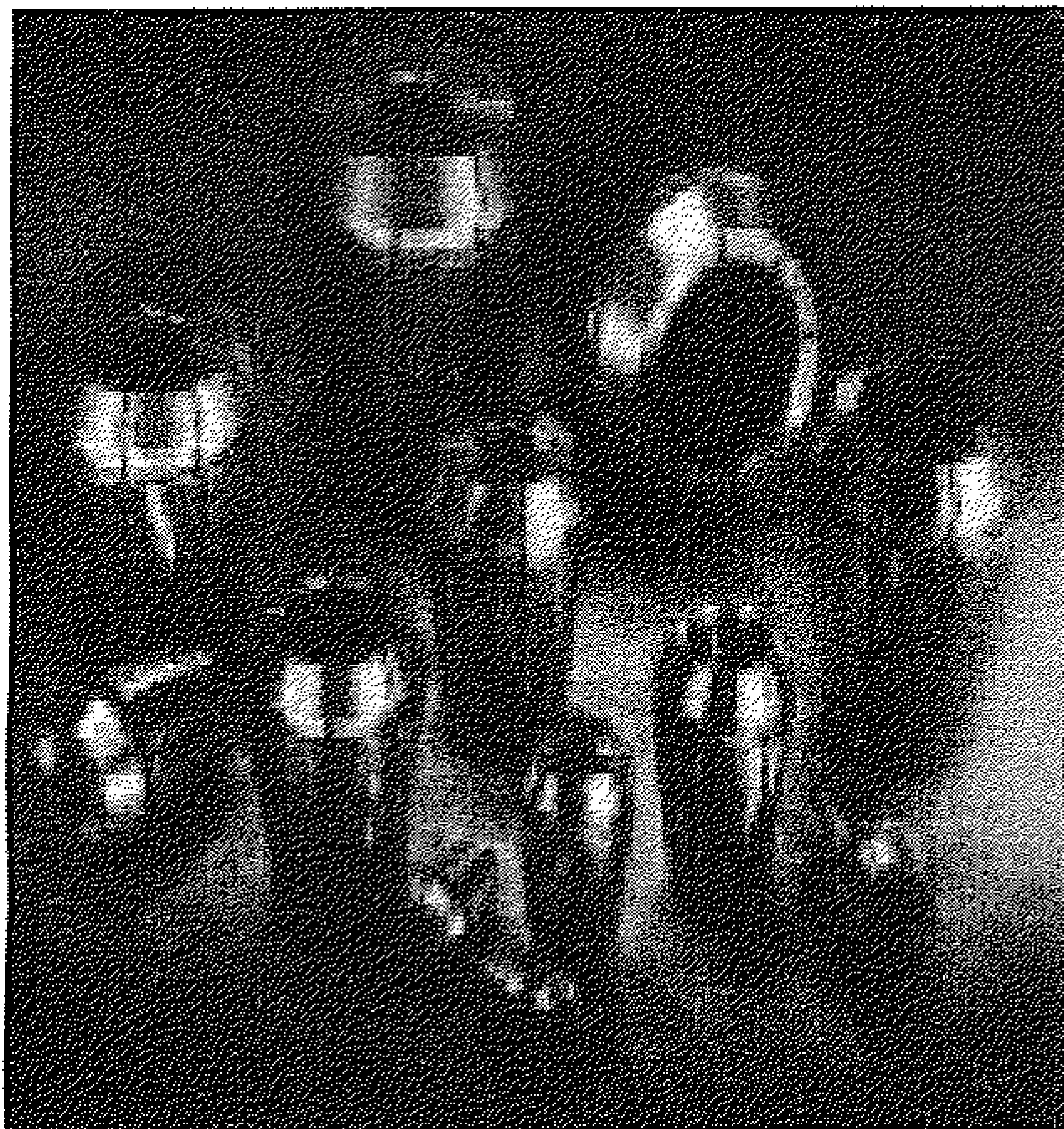
3. **محاور دوران التصميم (*C*)** (Style-C) .

تستخدم لمسك وإدارة قواطع التفريز الخلفية المجوفة (الشكل رقم (13-25)) وبعض أنواع قواطع التفريز الوجهية ولا تحتاج مسند خارجي. في بعض الحالات، يمكن أن يتوافق هذا النوع مع وِصلات موافقة (*Adapters*) لتثبيت بقية أنواع القواطع.

2.3.4.13 الأطواق (Collets) .

في بعض ماكنات التفريز العمودية يتم ثقبه أو تجويفه ليقبل الطوق الذي يمتلك ساق جزئها مستقيم والأخر مستدق. يثبت الطوق بواسطة قضيب سحب الذي يربط في تجويف ملولب في مؤخرة الطوق ويُشد من قمة عمود الدوران. ويقدم بعض مصنعي ماكنات التفريز أنظمة أطواق لا تحتاج إلى قضيب سحب ، وهذا النوع من الأطواق يمكن أن يطبق مع حدبة تشغيل ذراعي أو مع صامولة أقفال واسعة. الشكل رقم (13-24-a) يوضح أطواق متنوعة الحجم والشكل رقم (13-24-b) يوضح عدد من ماسكات العُدة متضمنة أطواق ومثبت تنصيب.

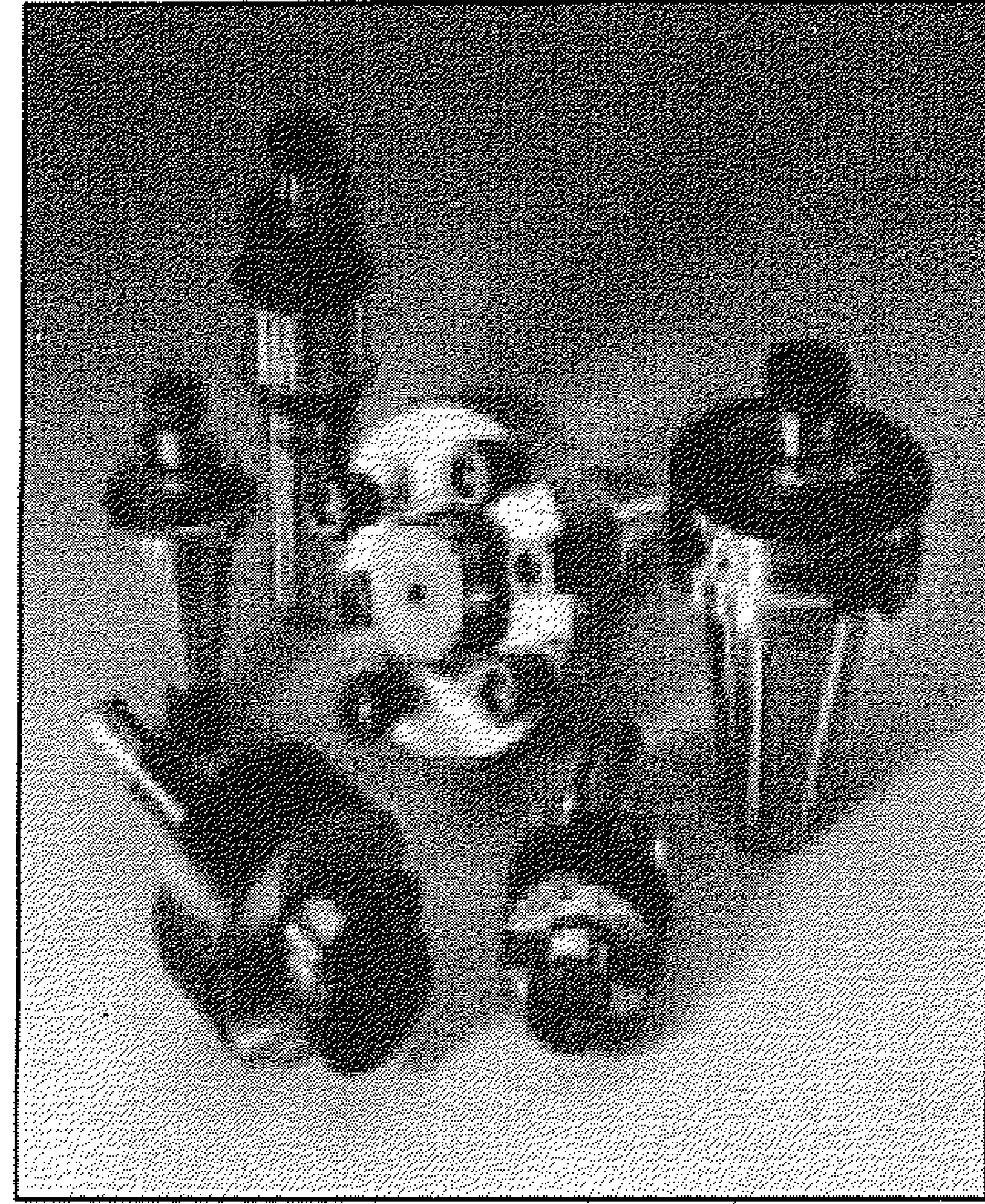

(b)


(a)

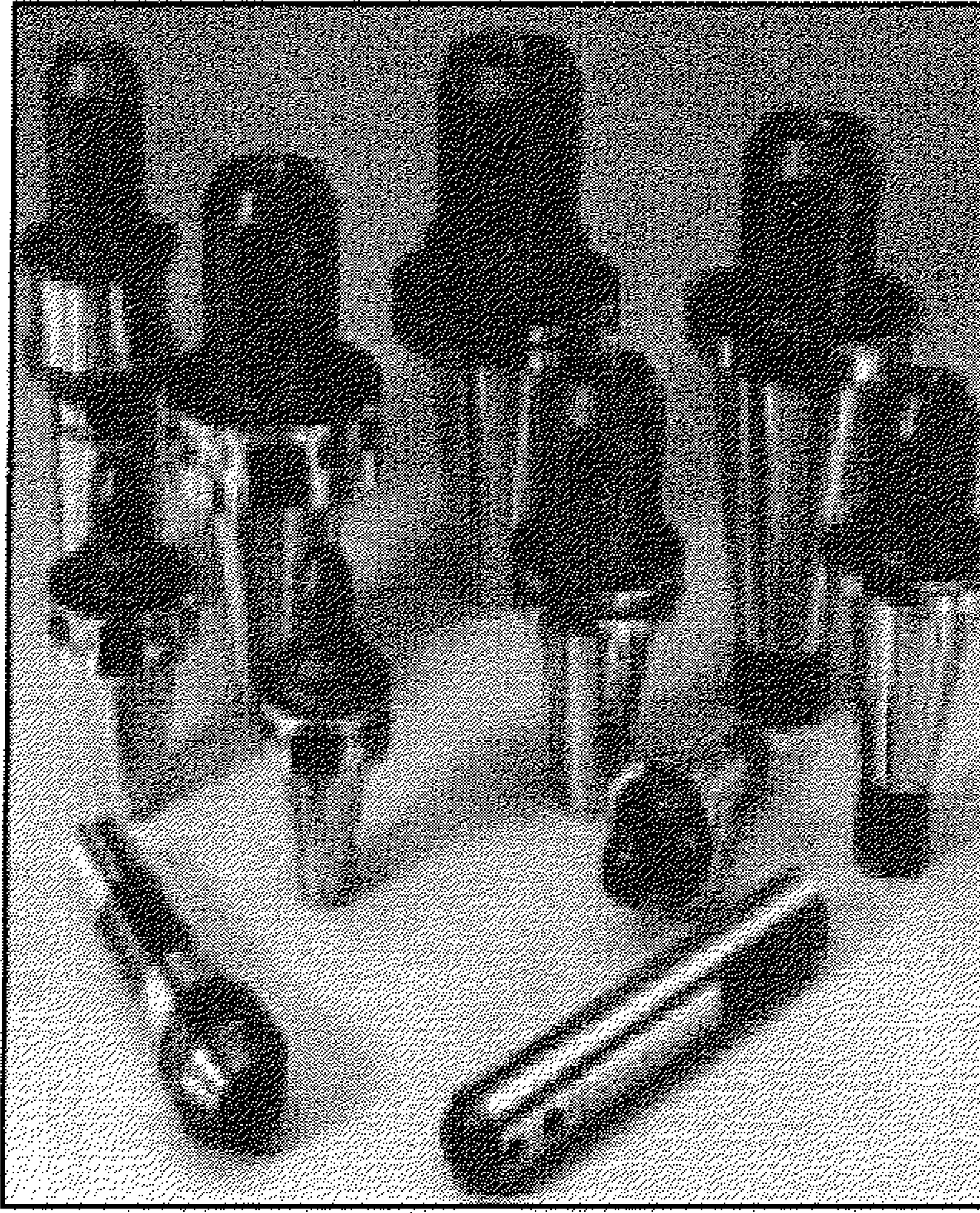
الشكل رقم (13- 24): a- أحجام أطواق متنوعة b- ماسكات عُدة متنوعة مع أطواق ومثبت تنصيب

3.3.4.13 ماسكات العُدة (Tool Holders) .

ماسكات العُدة القياسية متوفرة لكل من قواطع التفريز الخلفية والمجوفة وكما موضح في الشكل رقم (13-25-a) والشكل رقم (13-25-b) على التوالي. يمكن أن تستخدم الظروف لمسك العُدة لبعض الحالات التي تحتاج إلى إستخدام عُدد مع أحجام ساق غير قياسية. هذه الظروف متوفرة مع إستدقاق مورس (*Morse Taper*) أو ساق مستقيمة. وكلا النوعين يمكن أن يستخدم في ماكنات التفريز عندما تتوفر الأطواق أو وصلات الموافقة القياسية. تستخدم رؤوس التثقيب المتفرعة (*Offset Boring Heads*) والموضحة في الشكل رقم (13- 26) تستخدم غالباً في ماكنات التفريز العمودية للتثقيب، التسوية، الشطب، وعمليات خراطة القطر الخارجي. تتوفر هذه الرؤوس بسيقان مستقيمة أو إستدقاق مورس أو سيقان ماكنة التفريز المستدقة القياسية وعادة تمتلك ثلاثة ثقوب تُثبت لقضبان التثقيب. إثنان من الثقوب متوازيان مع خط مركز العُدة، وواحد عمودي لخط المركز. بعض رؤوس التثقيب تمتلك آليتان قابلة للضبط، ومنزلق قابل للحركة يمكن أن يضبط بدقة لزيادات ($0.0001''$). يمكن أن تستخدم القواطع الدوارة (*Fly Cutters*) لعمليات التسوية. تكون العُدد في هذا النوع من القواطع قابلة للضبط بحيث كل من قطع التخشين والتنعيم يمكن أن يحدث في شوط واحد.

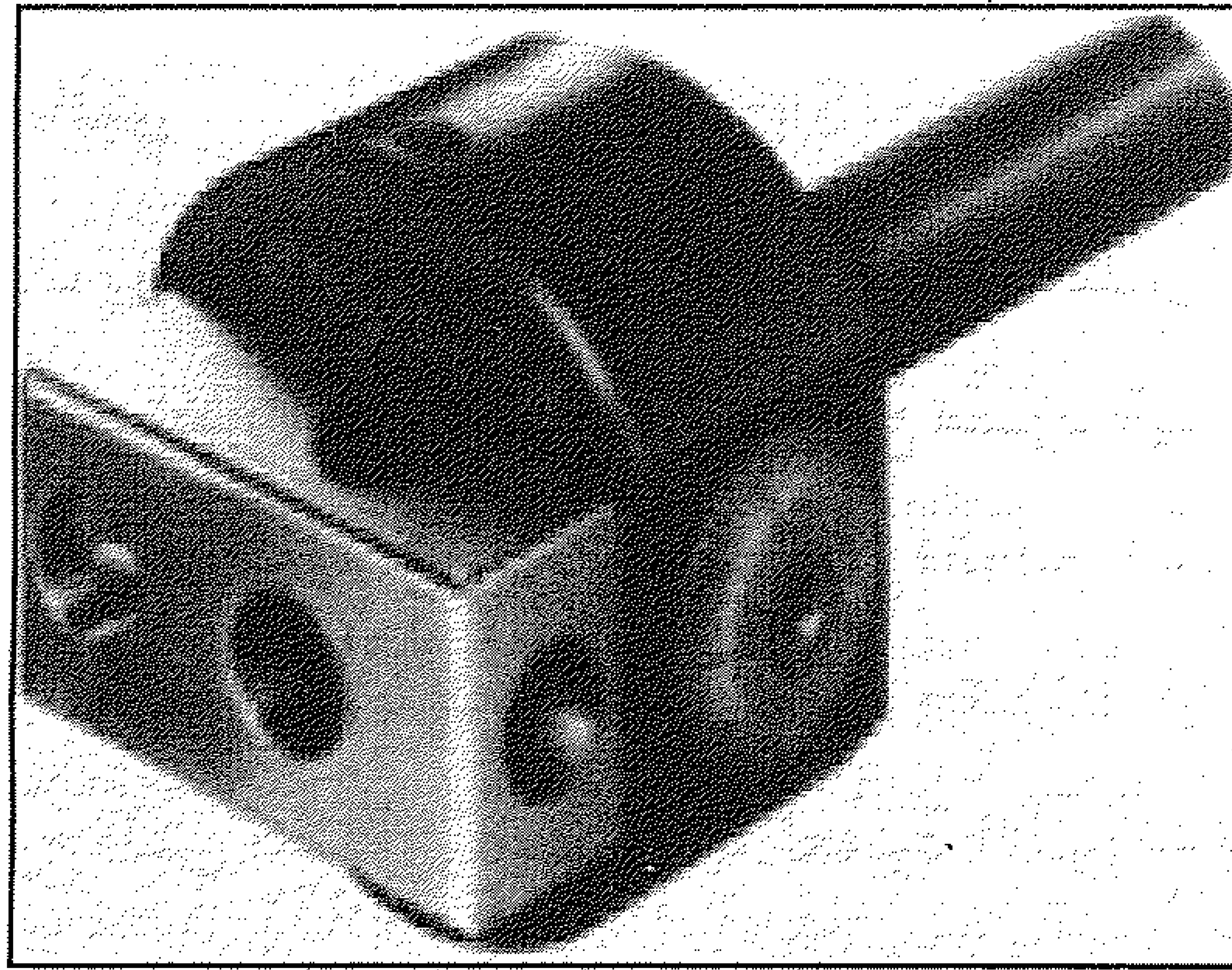


(b)



(a)

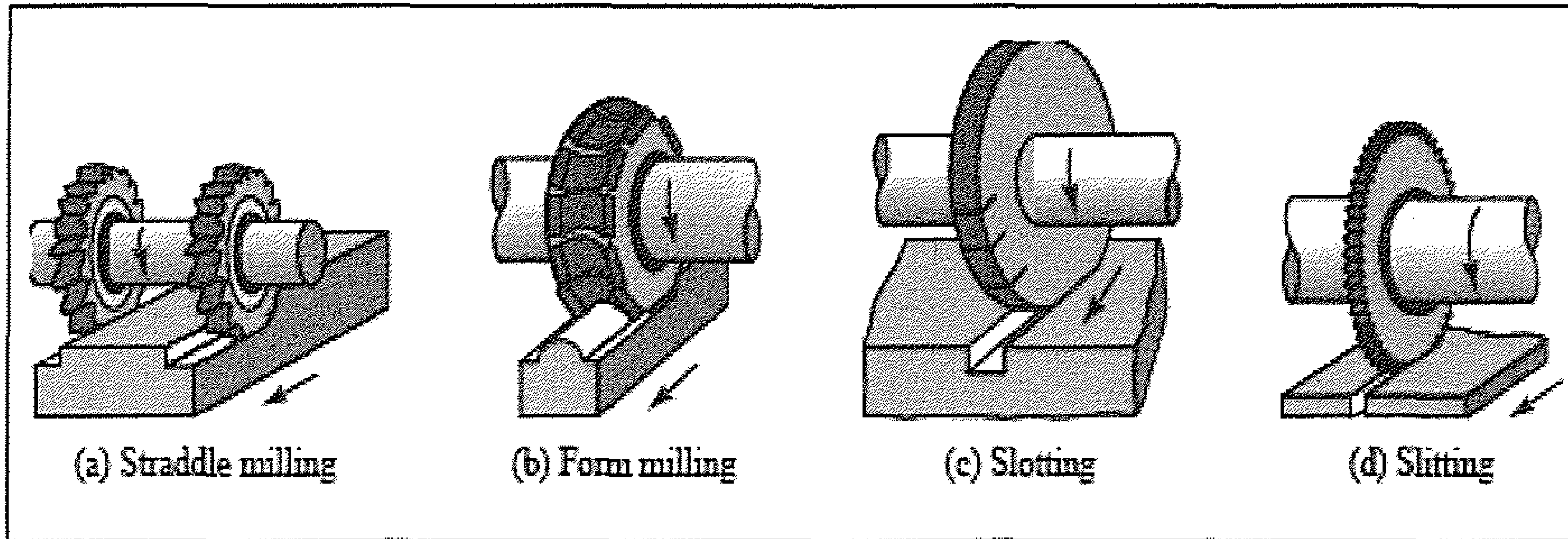
الشكل رقم (13- 25): a- ماسكات قواطع تفريز خلفية b- ماسكات قواطع تفريز مجوفة



الشكل رقم (13- 26): رؤوس التثقيب المتفرعة

5.13 أنواع عمليات التفريز (Types of Milling Operations).

تستخدم قواطع التفريز أما مفردة أو بشكل مجاميع لتشغيل مُختلف السطوح كما موضح في الشكل رقم (13- 27).



الشكل رقم (13- 27): أنواع عمليات التفريز

1.5.13 التفريز العادي (Plain Milling) .

التفريز العادي هي عملية تفريز سطح موازي لمحور القاطع وبشكل أساسي مستوي. ينفذ التفريز العادي على ماكنات التفريز الأفقية العادية أو جامعة الأغراض مع قواطع متغيرة في سمكها والتي تمتلك أسنان على محيطها فقط.

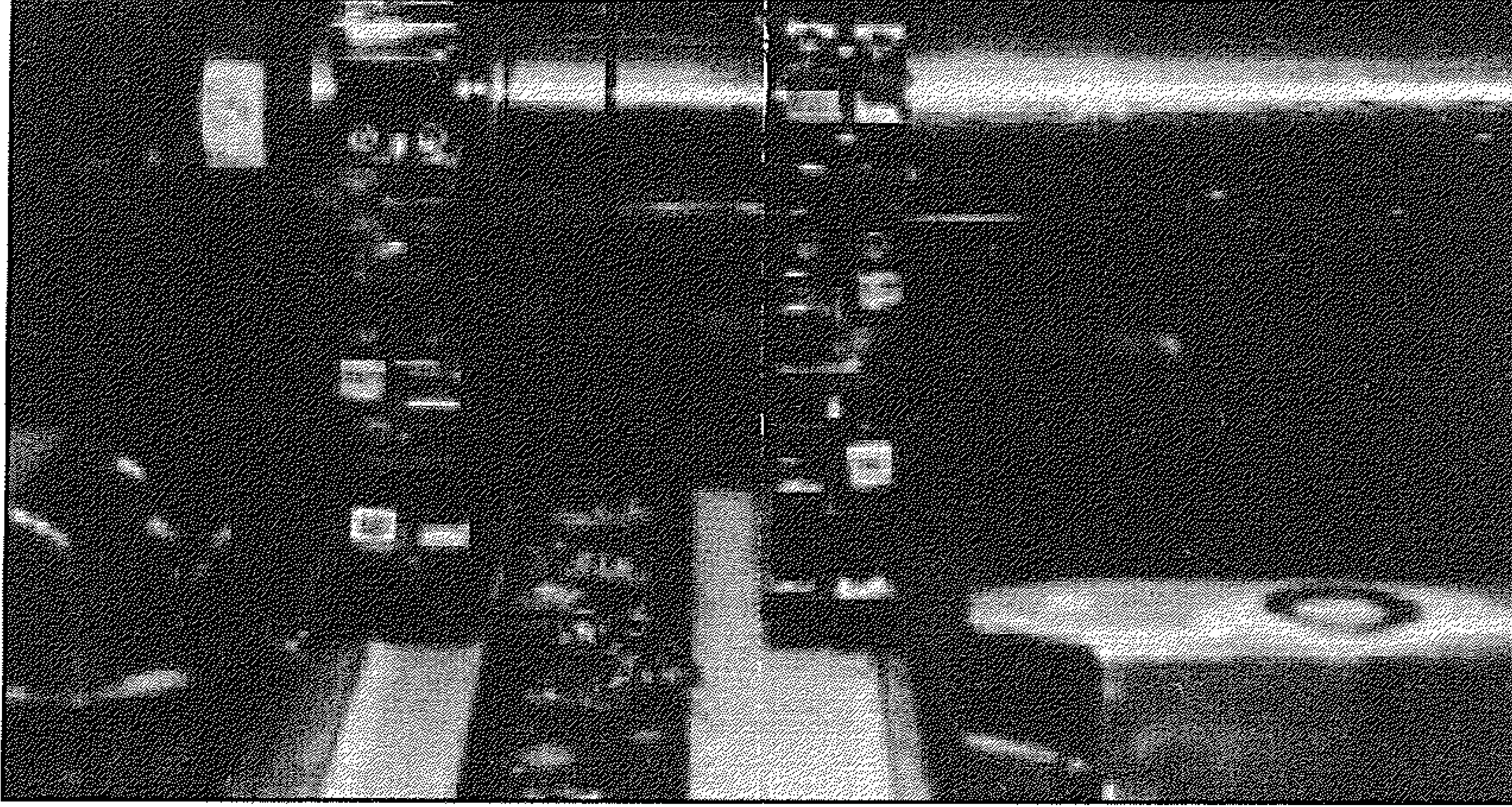
2.5.13 التفريز الجانبي (Side Milling).

يستخدم في التفريز الجانبي، القاطع الذي يمتلك أسنان على محيطه وعلى جانب واحد أو على الجانبين. عندما يكون قاطع مفرد قيد الإستخدام، فأن الأسنان على كل من المحيط والجوانب يمكن أن تقطع. السطوح المُشغلة عادة تكون أما عمودية أو موازية لعمود الدوران. يمكن كذلك أن تستخدم القواطع الزاوية لإنتاج السطوح التي تكون عند زاوية لعمود الدوران مثل عمليات صنع تعشيقات دوفتيل الخارجية (*External Dovetails*) أو الأخاديد في البَراغل.

3.5.13 التفريز المزدوج (Straddle Milling) .

في تركيب التفريز المزدوج النموذجي (الشكل رقم (13- 27- a)) يتم إستخدام قاطعيَ تفريز جانبيين. عملية تفريز مزدوج موضحة في الشكل رقم (13- 28). تكون القواطع نصف جانبية أو قواطع تفريز جانبية عادية ، وتمتلك

أسنان مستقيمة أو حلزونية، ويمكن كذلك إستخدام قواطع التفريز الجانبية متعرجة الأسنان. تقطع القواطع على الجوانب الداخلية فقط أو على الجوانب الداخلية والمحيط.



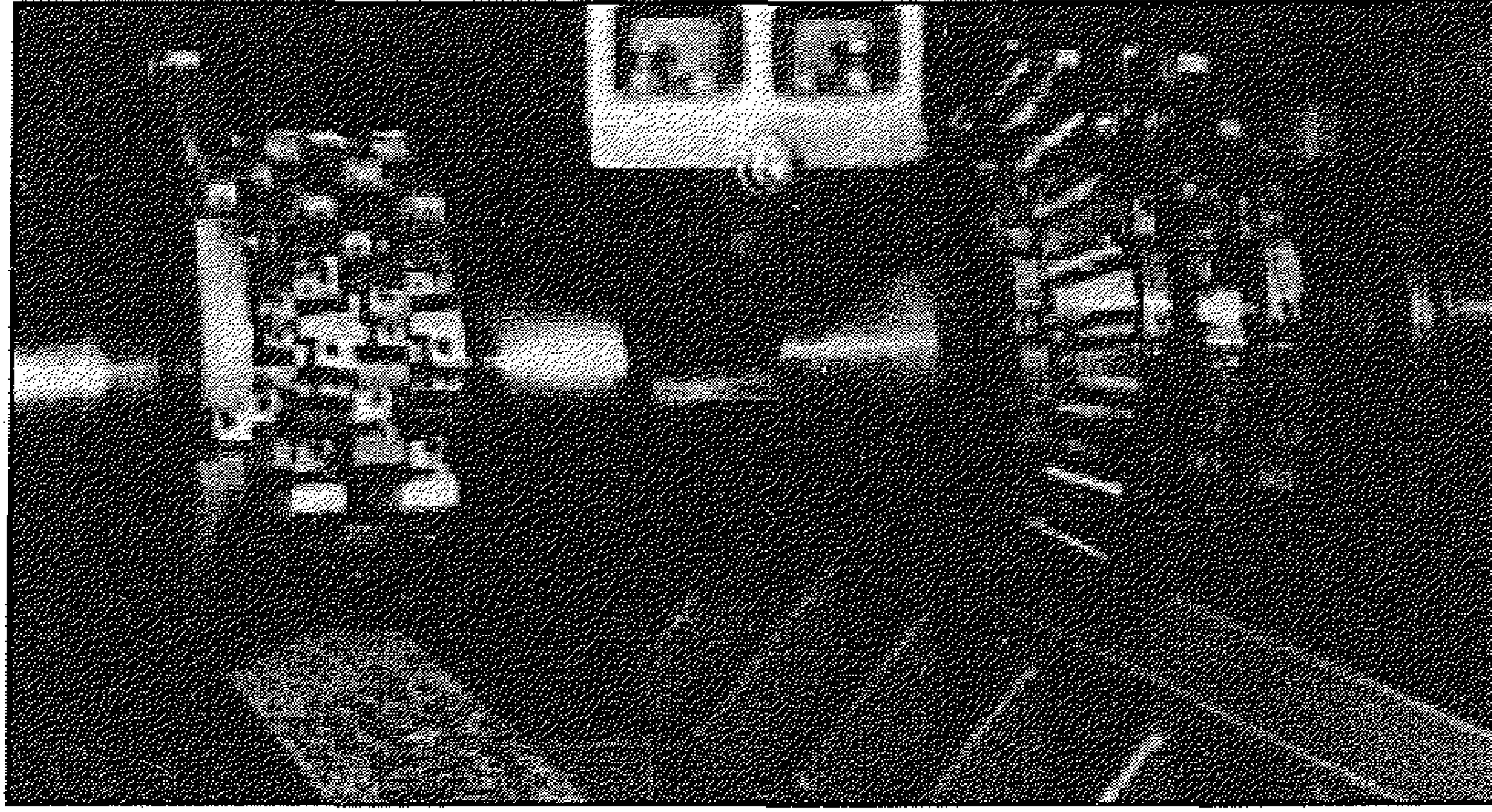
الشكل رقم (13- 28):عملية تفريز مزدوج

إذا كانت عملية التفريز المزدوج تضم قطوعات محيطية وجانبية فأن قطر القاطعين يجب أن يكون نفسه تماماً. وعندما يتم إستخدام قواطع ذات أسنان حلزونية فأن الزوايا الحلزونية يجب أن تكون متعاكسة. بما أن السطوح المُفرزة بشكل مزدوج يجب أن تكون متوازية لبعضها البعض وعادة تكون بتفاوتات نهائية بلغة العُرض، الحالة وحجم الأطواق وإسفين المباعدة التي تفصل القواطع تكون مهمة. كذلك يجب أن يدور محور الدوران بشكل مضبوط قدر الإمكان لتجنب قطع الشُغلة أصغر من المعدل (*Under Size*). عادة يتم جمع الأطواق مع الإسفين الفولاذي لتُشكل مجموعة لتزويد بتباعد صحيح بين القواطع. يمكن لبعض عمليات الإنتاج تصنيع طوق خاص من الفولاذ السبائكي أو متوسط الكاربون، ويعامل حرارياً ويتم تجليخ السطح للطول المطلوب. الوجوه يجب أن تكون عمودية للتجويف وموازية لبعضها البعض ،و يجب أن يتم وصل القواطع بخابور لمحور الدوران ومساند التحميل الخارجية يجب أن توضع أقرب ما يكون للقواطع قدر الإمكان.

4.5.13 التفريز الجماعي (Gang Milling).

في التفريز الجماعي، تثبت ثلاثة قواطع أو أكثر على محور الدوران وتُشغل عدة سطوح أفقية، عمودية، أو زاوية في شوط واحد. كما في الشكل رقم (13- 29). عندما يتم عمل تركيبة التفريز الجماعي، فأنه يمكن إستخدام أنواع متعددة ومختلفة من القواطع، إعتماداً على العمل المراد تنفيذه. القواطع المستخدمة لإنتاج السطوح العمودية أو الزاوية يجب أن تكون من نوع القطع الجانبي، قواطع التفريز العادية لعرض ملائم يمكن أن تستخدم للسطوح الأفقية. في بعض الحالات يمكن إستخدام قواطع التفريز الوجهية مع أسنان تسوية للداخل على نهاية واحدة أو نهايتين لتركيب التفريز الجماعي. عندما يستخدم قاطع تفريز حلزوني عادي عريض فقط كجزء من تركيب التفريز الجماعي، فأن الدفع الجانبي المتسبب بواسطة ذلك القاطع يجب أن يوجه مباشرة نحو عمود دوران الماكنة.

إذا أمكن إستخدام قاطعان متواشجان (*Cutters Inter Locking*) مع زوايا حلزونية متخالفة للحد من الدفع الجانبي وتخفيض إمكانية الإصطكاك. بسبب إرتباط الوقت والجهد في تركيب ماكنة التفريز من أجل التفريز الجماعي. فأن العملية تستخدم بشكل رئيسي للعمل الإنتاجي. بما أن كل الشُغلة أو تقريباً كلها هي قيد التشغيل عند وقت واحد، فأن القدرة والجساءة هما صفتان مرغوب بهما جداً في الماكنة المستخدمة. كل الجُهد يجب أن يبذل للسيطرة على الإهتزاز، متضمناً إستخدام قضبان الإسناد التي تربط لكل من الركبة ومسند المحمل الخارجي.



الشكل رقم (13- 29): عملية تفريز جماعي

5.5.13 التفريز التشكيلي (Form Milling).

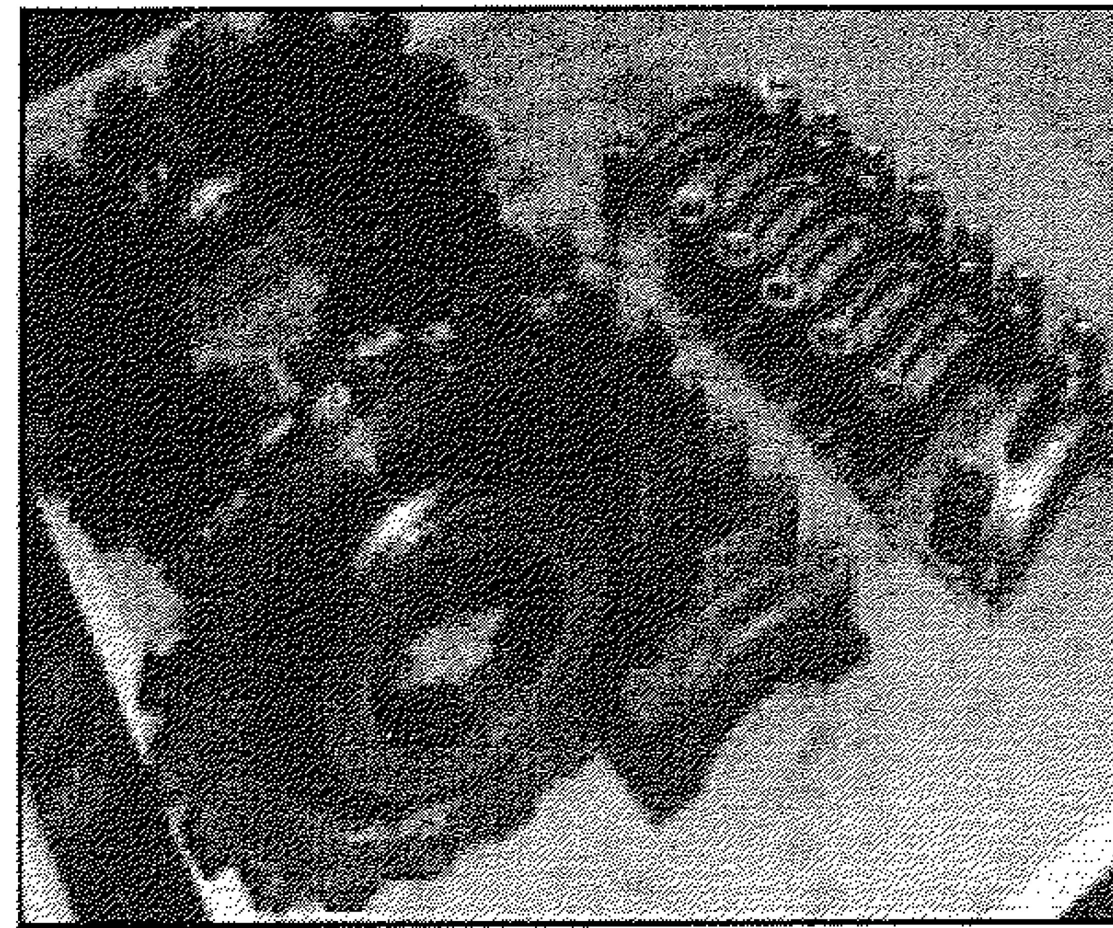
عَدد السطوح المتوازية والعلاقات الزاوية التي يمكن أن تُشغل بواسطة التفريز المحيطي محددة تقريباً فقط بواسطة تصميم القاطع. تكون قواطع التشكيل مُكلفة، لكن غالباً ليس هنالك وسائل مرضية لإنتاج الأشكال الكنتورية المعقدة، كما موضح في الشكل رقم (13- 27- b).

6.5.13 عمليات فتح المجاري والشقوق (Slotting & Slitting Operations).

تستخدم قواطع التفريز لكل من النوع العادي أو القطع الجانبي لعمليات فتح المجاري والشقوق (الشكل رقم (a,b-27-13))و b-30-13). المجاري والشقوق عادة تنفذ على ماكنات التفريز الأفقية، ولكن يمكن كذلك أن تنفذ على الماكنات العمودية بواسطة إستخدام وصلات موافقة (*Adaptors*) وملحقات مناسبة. قواطع شق المعدن لأقطار وأسماك مختلفة كذلك تستخدم لقطع المجاري. يمكن كذلك أن يُحمل عدد من القواطع المتماثلة على نفس محور الدوران لقطع الزعانف (*Fins*). عندما يجب أن يكون سمك الزعانف ذو تفاوتات نهائية، فأنه عادة تشغل فواصل المباعدة ويجلخ السطح للتزويد بالدقة الضرورية. الشكل رقم (a,b-30-13) يوضح عملية فتح مجرى وشق .



(a)



(b)

الشكل رقم (13- 30): a- عملية فتح مجرى تستخدم في صناعة الأعضاء الدوارة b- عملية فتح شق لفصل الأجزاء المسبوكة ذاتية الحركة

7.5.13 التفريز الوجهي (Face Milling) .

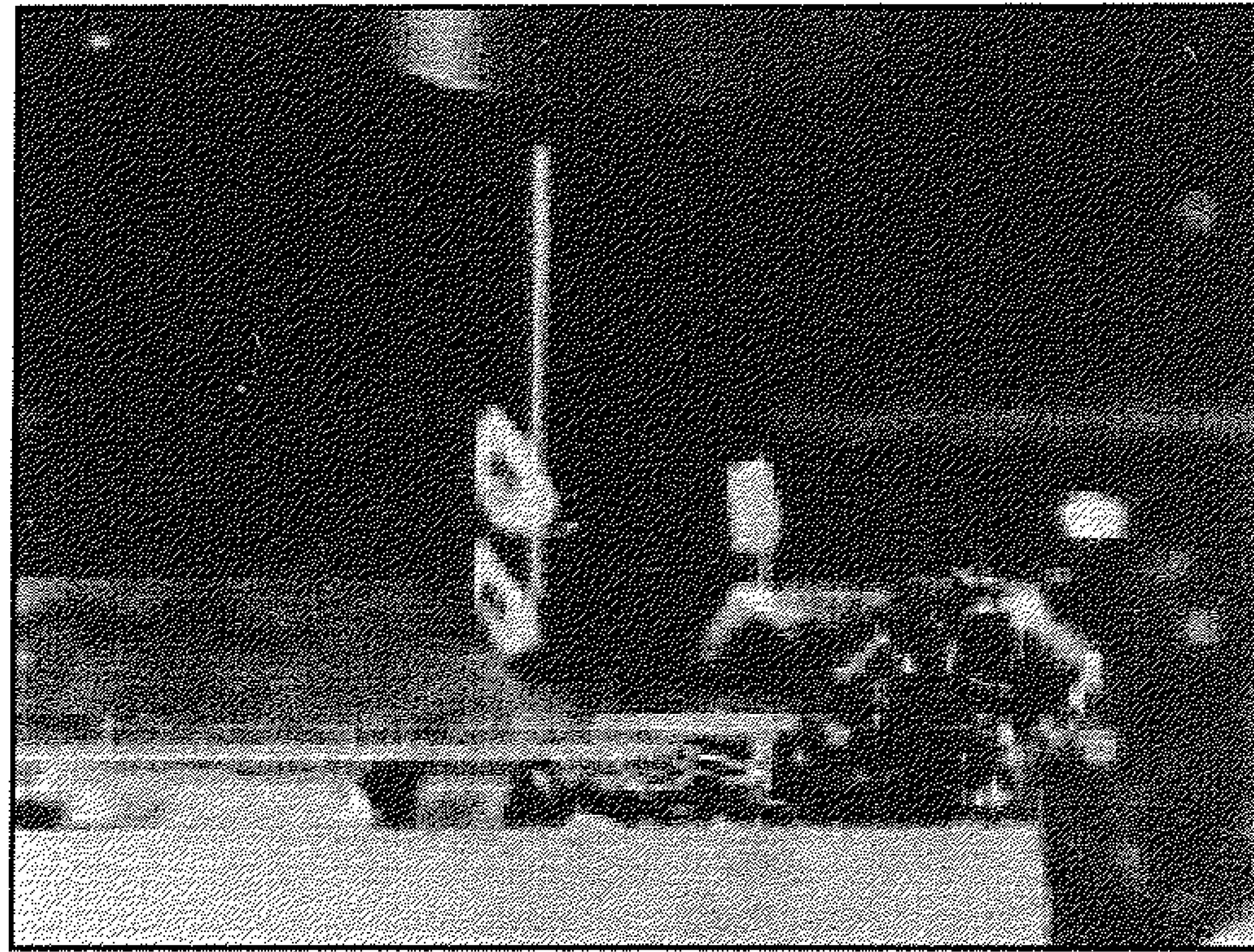
يمكن أن ينفذ التفريز الوجهي (الشكل رقم (13- 31)) على ماكنات التفريز الأفقية والعمودية. ينتج التفريز الوجهي سطحاً مستوياً عمودي لعمود الدوران الذي يثبت عليه القاطع. تتراوح مديات القطع من حيث الحجم والتعقيد من البسيط، القاطع الدوار مفرد العُدة، إلى القاطع مُلقم السن مع العديد من حافات القطع. تثبيت قواطع التفريز الوجهية الواسعة عادة بثباتية لمقدمة عمود الدوران. قواطع التفريز الوجهي الواسعة فعالة جداً لإزالة كميات كبيرة من المعدن، والشُغلة يجب أن تكون مثبتة بأحكام على منضدة التفريز.



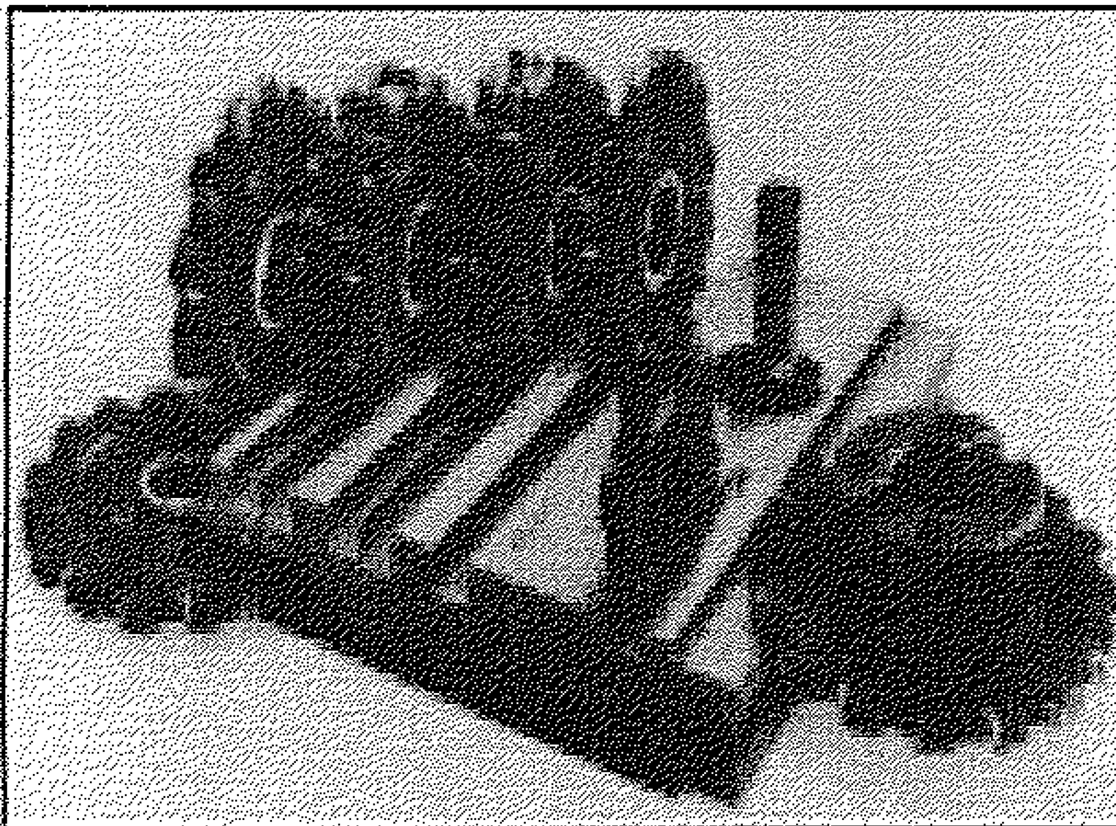
الشكل رقم (13- 31): عملية تفريز وجهي

8.5.13 التفريز الخلفي (End Milling) .

التفريز الخلفي هو على الأرجح أكثر عملية تفريز تعدداً في الجوانب (الشكل رقم (13- 32)). يمكن أن تستخدم أنواع عديدة لقواطع التفريز على كل من ماكنات التفريز العمودية والأفقية. الفرازات الخلفية متوفرة في أحجام تتراوح من (1\32") إلى (6") (للقواطع الخلفية المجوفة) وتقريباً هنالك حاجة لأي شكل. قواطع التفريز يمكن أن تستخدم بشكل مفرد أو في أزواج لتشغيل المجاري المختلفة (إنظر الشكل رقم (13-33-a)). العديد من قواطع التفريز يمكن كذلك أن تثبت على محور دوران لتعمل في عملية التفريز الجماعي لمجاميع المحرك الآلي كما موضح في الشكل رقم (13-33-b).



الشكل رقم (13- 32): عملية تفريز خلفي


(a)

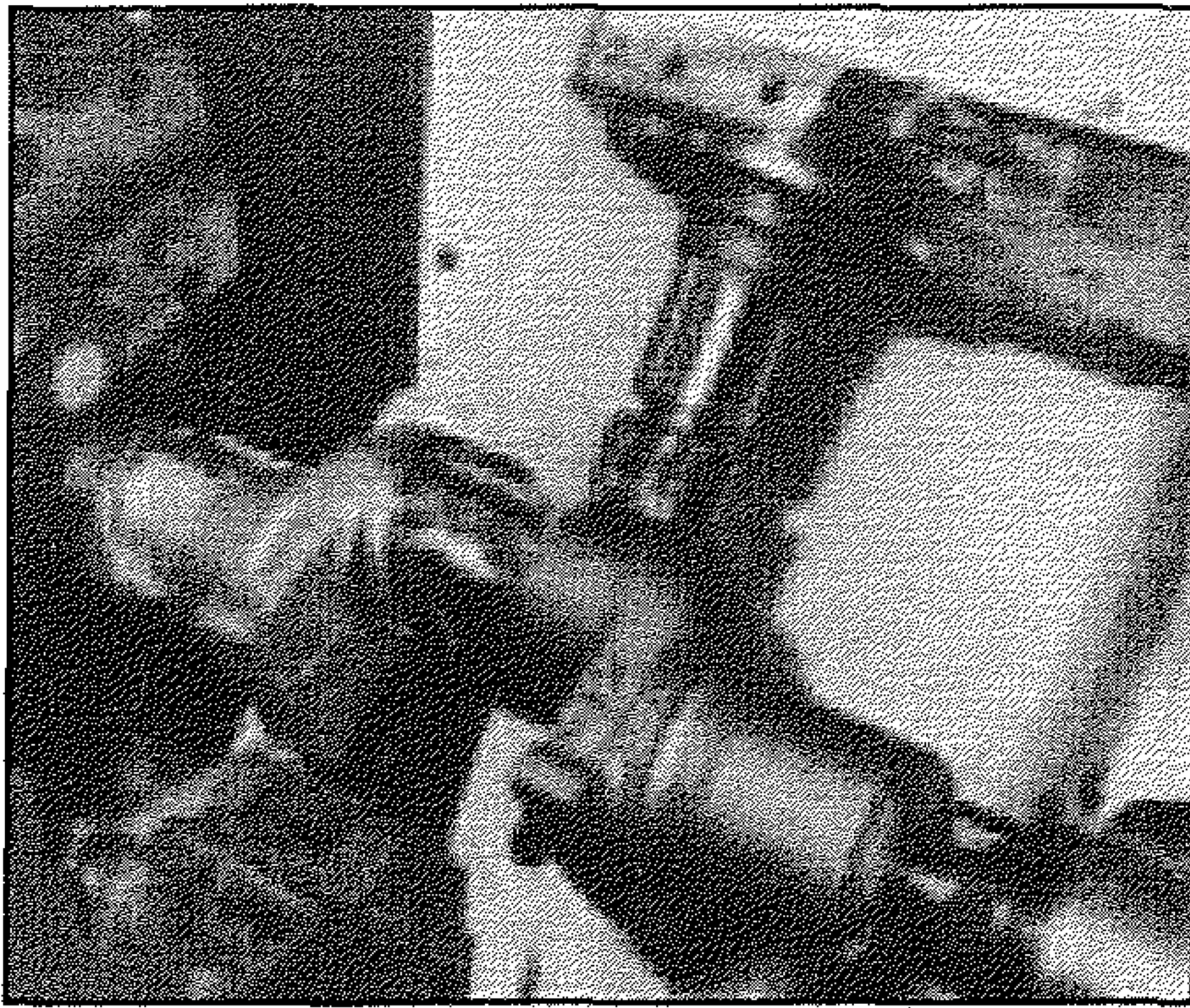

(b)

الشكل رقم (13- 33): a- قواطع تفريز جانبية ووجهية b- قواطع تفريز مقسمة متنوعة

6.13 التفريز الدوار (Turn Milling) .

يتضمن التفريز الدوار عَدد من طُرق التشغيل المختلفة حيث قاطع التفريز يشغل الشُغلة الدوارة. هذه الطُرق بشكل أساسي تستخدم لتشغيل الأجزاء لا مركزية الشكل، السطوح المستوية، المستدقة والأسطوانية، الحزوز والثقوب الداخلية. يتطلب التفريز الدوار عُدة ماكنة مع وظائف معينة وعَدد من المحاور. تستخدم مراكز التشغيل، مراكز الخراطة، خاصة المخرطة المُكيفة، ماكنات التفريز، قواطع التثقيب، وماكنات الغرض الخاص.

عندما ندمج العمليات الأُخرى للخراطة والتفريز في الماكنات، يقود تشغيل ذو تنصيب مفرد لمزايا أوقات أخراج أسرع ومرونة الإنتاج. عمليتان لتفريز دوار موضحة في الشكل رقم (13-34-a) والشكل رقم (13-34-b). المزايا التي تترافق مع التفريز الدوار هي: القابلية لتشغيل أجزاء واسعة وغير متوازنة التي لا يمكن أن تدور في سرعات عالية، الأشكال معقدة السطح، الأجزاء غير المتمركزة والمركبات مع عناصر أضافية بارزة، الأعمدة غير المستقرة، الأجزاء نحيفة الجدران، والكتل.


(a)

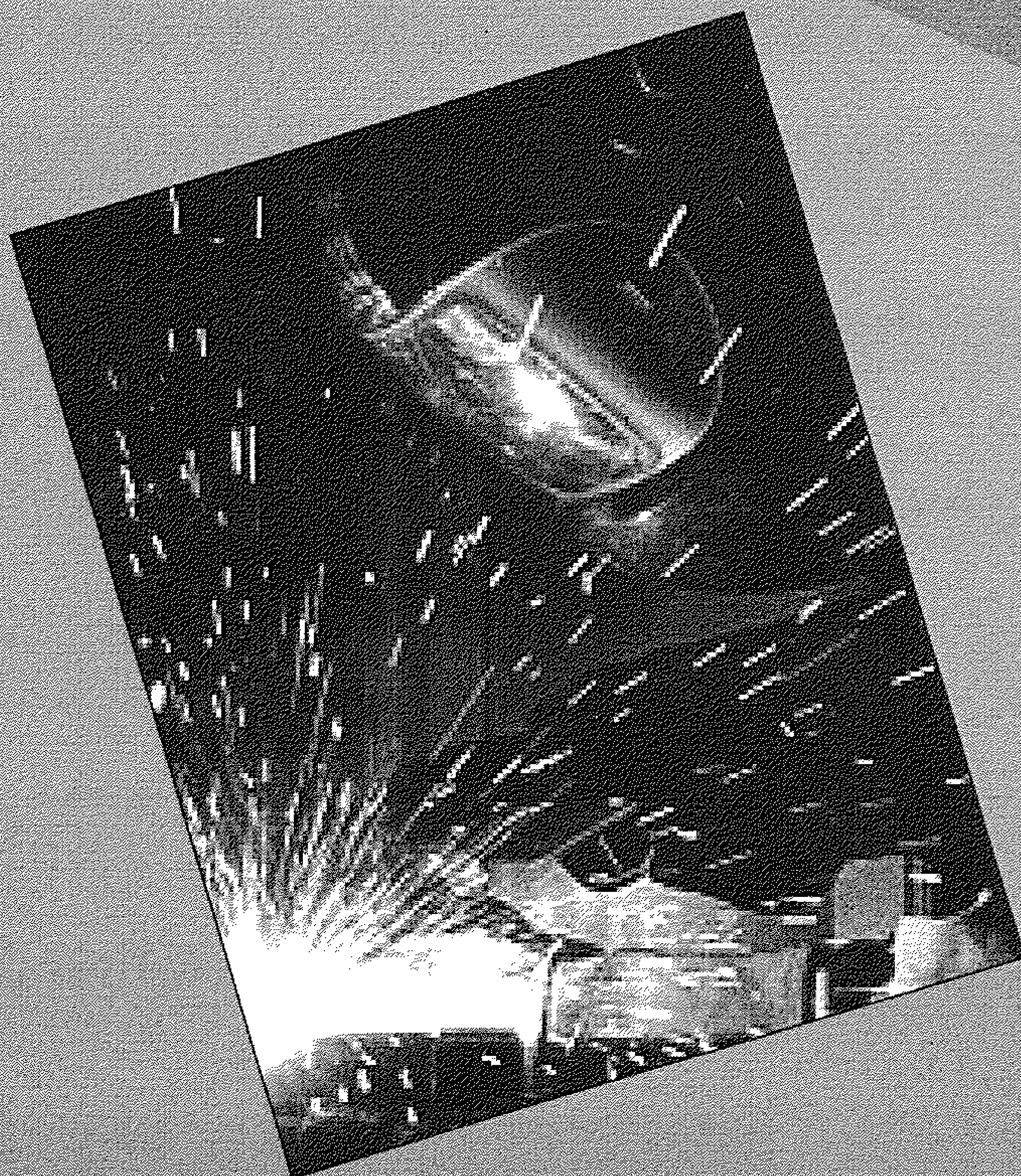

(b)

الشكل رقم (13- 34) :عمليتان للتفريز الدوار

الفصل الرابع عشر

المشدات وعمليات الشد

Broaches and Broaching



14

الفصل الرابع عشر

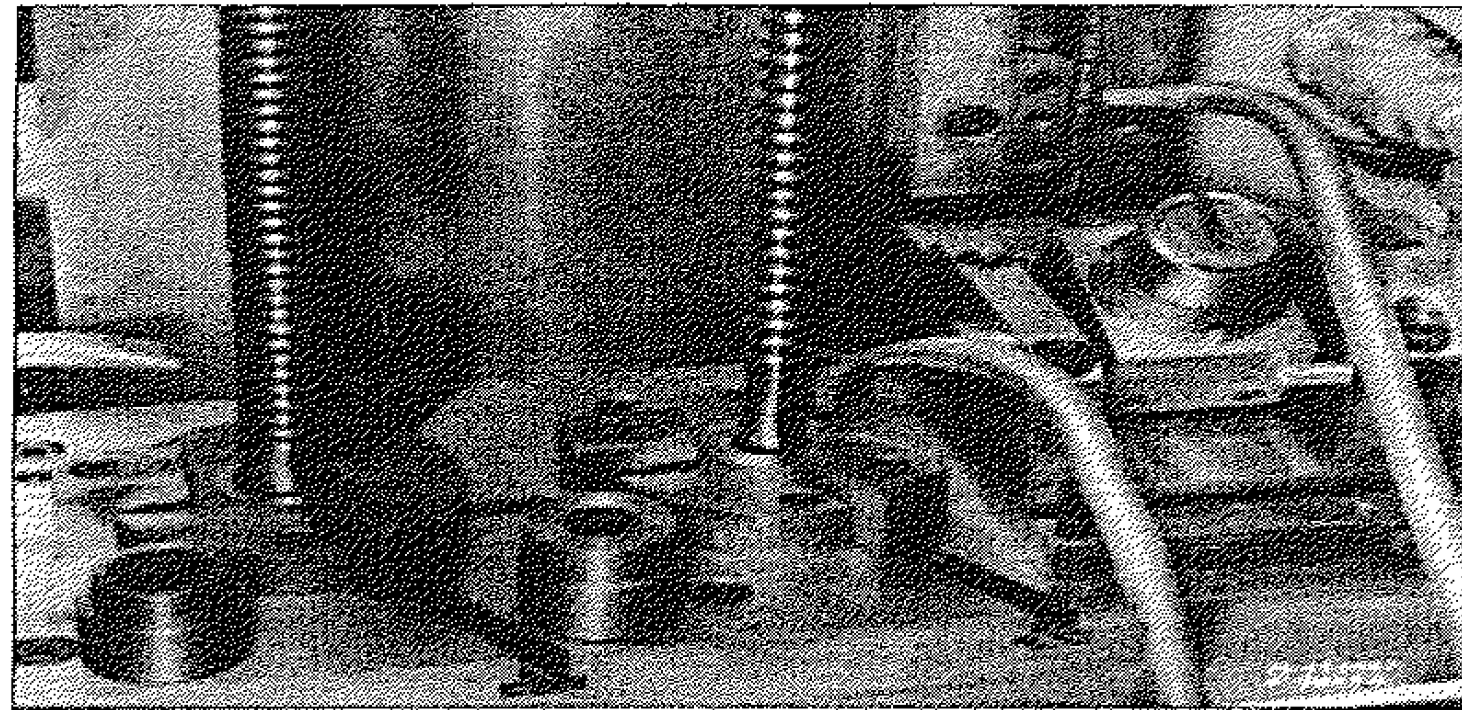
المِشدات وعمليات الشَد

Broaches and Broaching

1.14 المقدمة (Introduction) .

إن عملية الشَد (*Broaching Operation*) أو عملية تخليق الثقوب مشابهة للتشكيل مع أسنان متعددة وتستخدم لتشغيل السطوح الداخلية والخارجية مثل الثقوب الدائرية، المربعة، والأشكال غير المنتظمة، مجاري الخوابير، وأسنان الترس الداخلية. المِشد (*Broach*) أو عُدة التخليق هو عُدة قطع طويلة متعددة السن مع قطوعات عميقة متتابعة. كل سن يُزيل كمية مادة محسوبة مسبقاً في موضع أيضاً يتم حسابه مقدماً. عمق المادة الكلي المُزال في شوط واحد هو مجموع عمق القطع لكل سن.

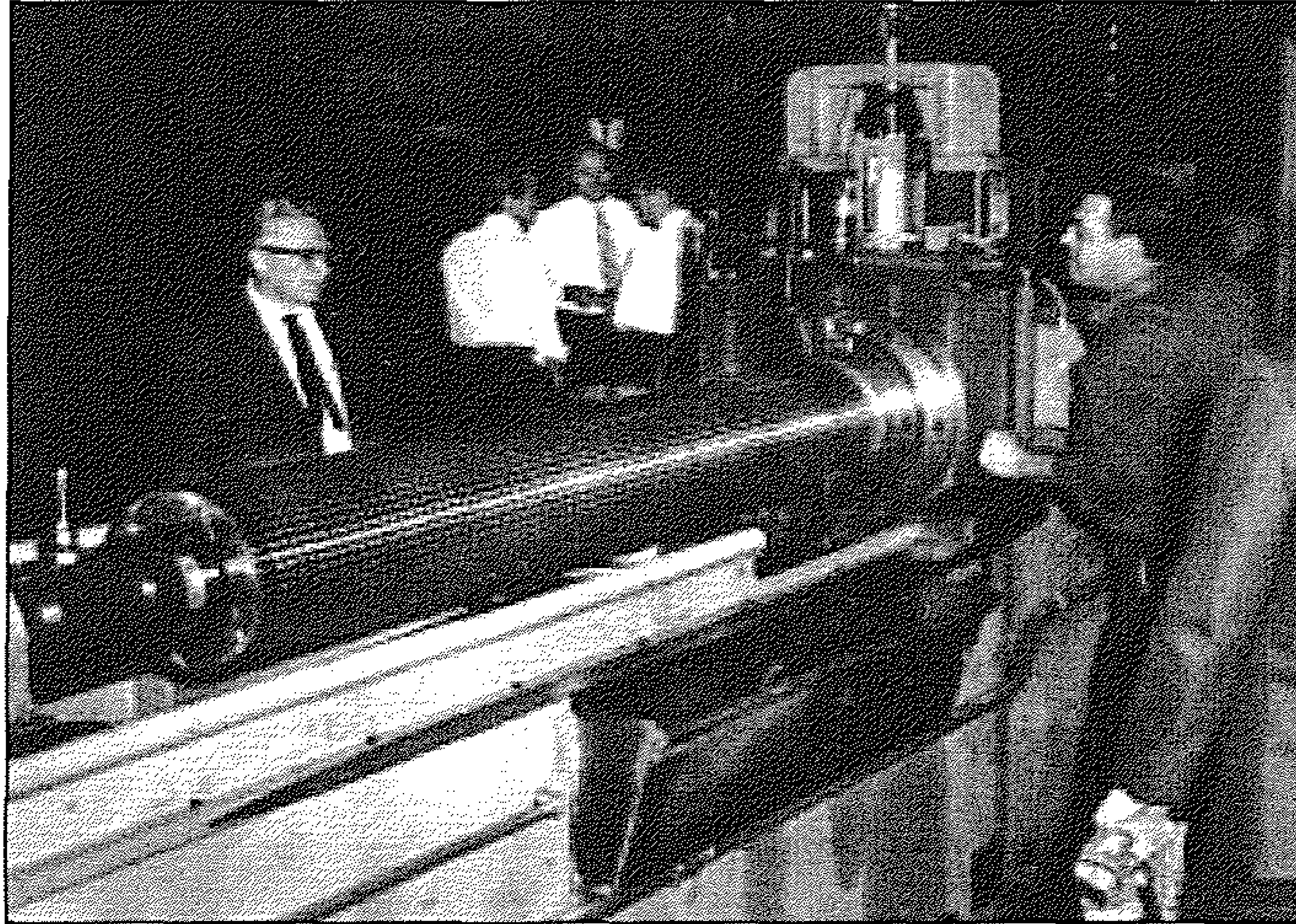
عملية الشَد هي عملية إنتاج مهمة ويمكن أن تنتج الأجزاء مع إنجاز سطحي جيد جداً ودقة في الأبعاد. تتنافس عملية الشد بنجاح مع بقية العمليات مثل التثقيب، التفريز، التشكيل، والبَرغلة. على الرغم من إن المِشدات تكون باهضة الثمن، إلا إن الكلفة مبررة بسبب إستخدامها لدورات الإنتاج العالية. عملية شَد نموذجية لتخديد داخلي (*Internal Spline*) موضحة في الشكل رقم (14- 1).



الشكل رقم (14- 1): عملية شَد نموذجية لتخديد داخلي

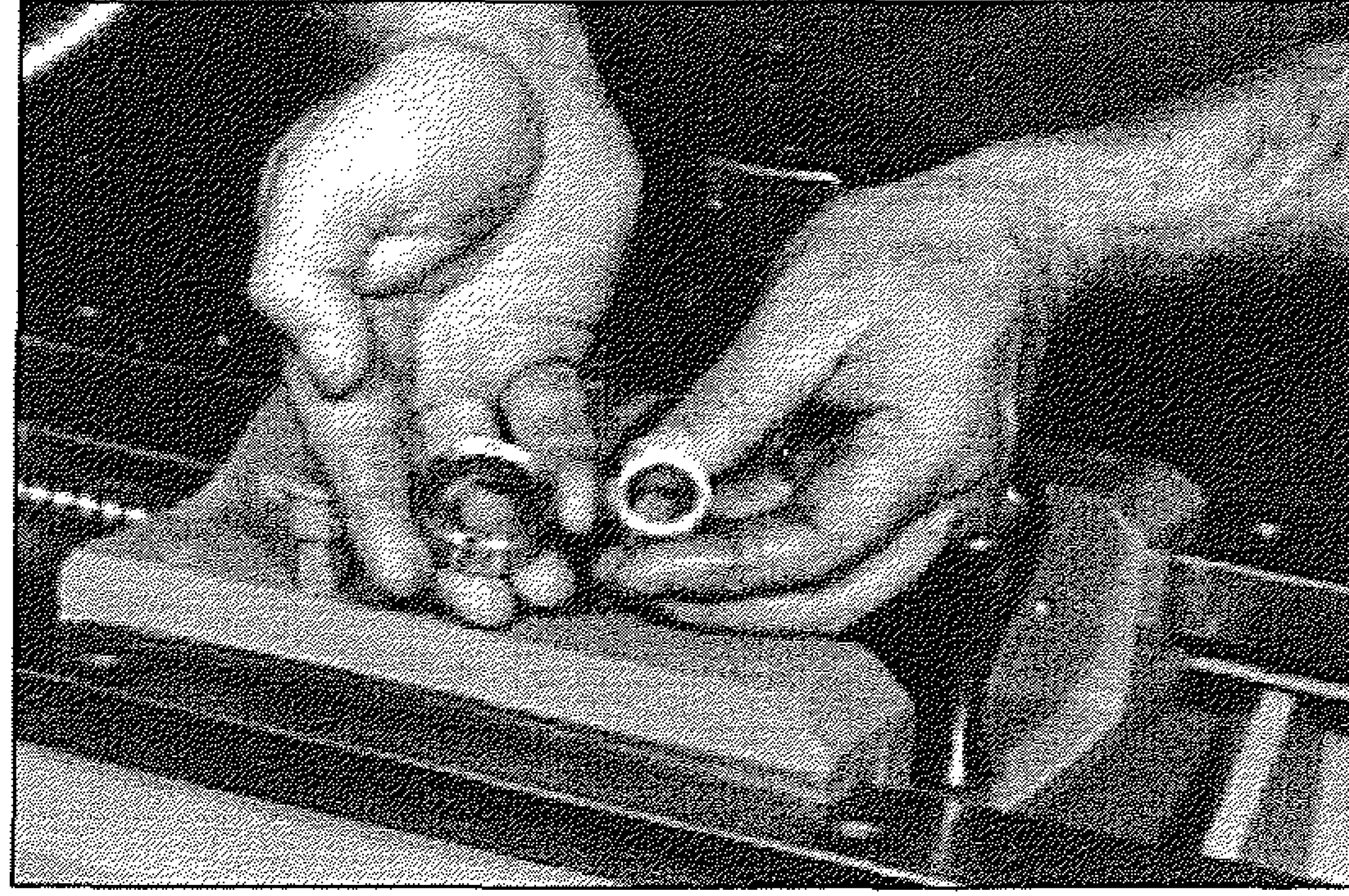
2.14 عمليات الشَد (Broaching) .

يعتبر تجهيز العُدد قلب أي عملية شَد. عُدة الشَد تستند على مفهوم فريد لعملية قطع الأسنان للتخشين، شبه الإنهاء، الإنهاء والمجتمعة في عُدة واحدة أو مجموعة عُدد. عُدة المشد تستطيع الإنهاء الآلي للسطح الخشن في شوط مفرد. مشد كبير موضح في الشكل رقم (14- 2). لعملية شد السطح الخارجي، فأن عُدة التخليق (المشد) يمكن أن تسحب أو تدفع عبر سطح الشُغلة، أو يمكن أن يتحرك السطح عبر العُدة.



الشكل رقم (14- 2): مشد كبير

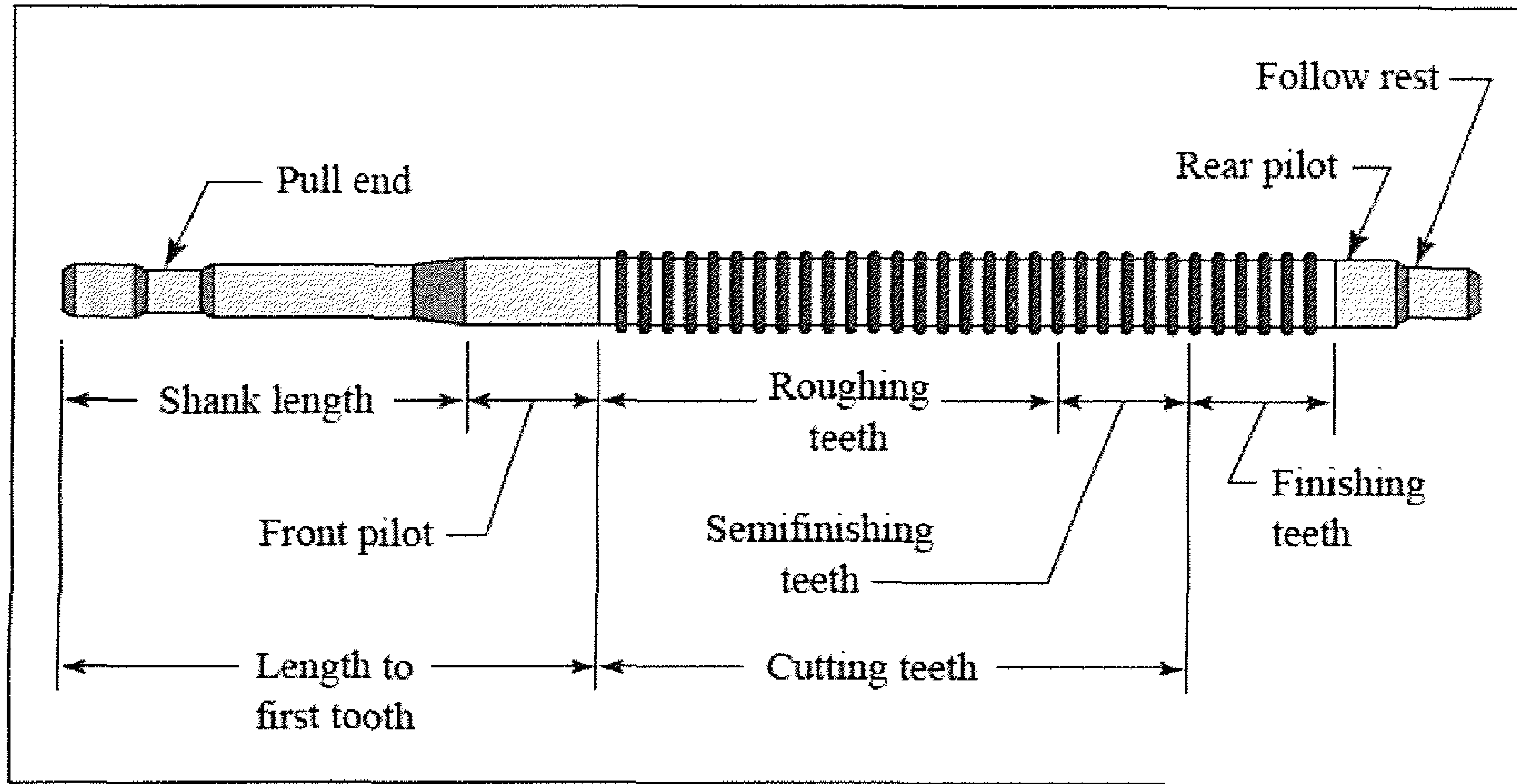
الشد الداخلي يتطلب ثقب أولي أو فتحة في الشُغلة حتى يمكن حشر عُدة التخليق. بعدها تسحب العُدة أو الشُغلة أو تُدفع لحشر العُدة خلال الثقب الأولي. وتقريباً يمكن أن يُشد أي مقطع عرضي منتظم طالما كل سطوح المقطع تبقى موازية لإتجاه إنتقال العُدة. زوجان من الأجزاء المخلقة الصغيرة موضحة في الشكل رقم (14- 3).



الشكل رقم (14- 3): زوجان من الأجزاء الصغيرة المُخلقة

1.2.14 عُدد الشد (Broaching Tools).

يشبه المِشد عُدة الاتصال المفرد مع عدد من الرؤوس كل واحد يقطع مثل عُدة تشكيل مسطحة النهاية، على الرغم من أن بعض المشدات تمتلك أسنان منصوبة قطرياً تدعى القطع القوسي (*Sheer Cutting*). الأجزاء الأساسية لمِشد أو مُخلق ثقوب داخلي موضحة في الشكل رقم (14- 4).



الشكل رقم (14- 4): الأجزاء الأساسية لمِشد سحب داخلي مدور

3.14 مصطلحات المِشد (Broach Nomenclature).

هذه المصطلحات موضحة في الشكل رقم (14-5-a) والتي يمكن إدراجها كالآتي:

1- **الدليل الأمامي** (Front Pilot).

عندما يستخدم مشد سحب داخلي، فأن نهاية السحب والدليل الأمامي يمران خلال الثقب الإبتدائي. بعدها يتم قُفل نهاية السحب لرأس السحب إلى ماكنة الشد. الدليل الأمامي يؤكد التراصف المحوري الصحيح للعُدة مع ثقب البداية، ويعمل كمدقق على حجم الثقب الإبتدائي.

2- **الطول** (Length).

طول عُدة الشَد أو مجموعة العُدد يُحسب بواسطة مقدار الخام المراد إزالته، ومُحدد بواسطة خام الماكنة.

3- **الدليل الخلفي** (Rear Pilot).

الدليل الخلفي يحفظ تراصف العُدة عندما تمر أسنان الإنهاء الأخيرة خلال ثقب الشُغلة. في العُدد المدورة ، قطر الدليل الخلفي أقل بشكل طفيف من قطر أسنان الإنهاء.

4- **أسنان القطع** (Cutting Teeth).

تقسم أسنان المِشد عادة إلى ثلاثة مقاطع منفصلة على طول العُدة وهي:

1- أسنان التخشين (Roughing Teeth).

2- أسنان شبه الإنهاء (Semi-Finishing Teeth).

3- أسنان الإنهاء (Finishing Teeth).

من الشكل رقم (14- 4) نلاحظ أن سن التخشين الأول هو نسبياً أصغر سن على العُدة. الأسنان اللاحقة وبالتقدم تزداد بالحجم للأعلى وتتضمن سن الإنهاء الأول. إن الفرق في الارتفاع بين كل سن، أو نتوء السن عادة أكبر على طول مقطع التخشين وأقل على طول مقطع شبه الإنهاء. كل أسنان الإنهاء هي

بنفس الحجم. يجلخ الوجه مع زاوية خطاف أو وجه والتي تُحدد بواسطة مادة الشُغلة. مثلاً شُغلات الفولاذ اللين تتطلب عادة زوايا خطاف واسعة ، قطع الفولاذ الصلدة أو الهشة تتطلب زوايا خطاف أقل.

5- **أرضية السن** (Tooth Land).

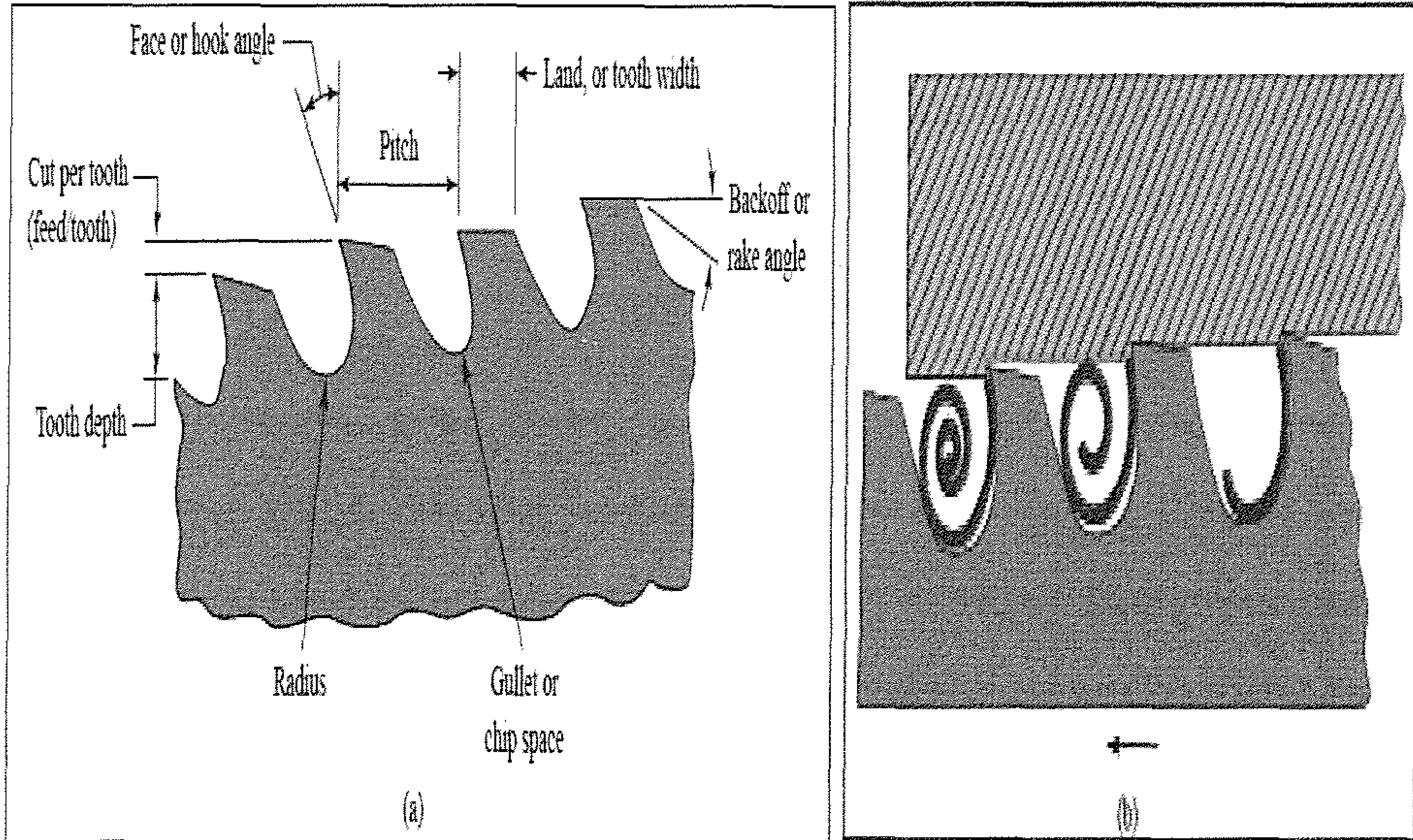
تسند الأرضية حافة القطع ضد الإجهادات. زاوية الخلوص الخفيفة أو الزاوية الخلفية *Back*) (*off Angle* تجلخ على الأرضيات لإختزل الإحتكاك. في أسنان التخشين وشبه الإنهاء، فأن كامل الأرضية تُخلص مع زاوية خلفية. أما في الأسنان الخاصة بالإنهاء، فأن جزء من الأرضية مباشرة وراء حافة القطع غالباً يترك مستقيم، بحيث أن عند إعادة سنه (بواسطة تجليخ وجه السن) سوف لا يتغير حجم السن.

6- **خطوة السن** (Tooth Pitch).

المسافة بين الأسنان، أو الخطوة، تحسب بواسطة طول القطع وتتأثر بنوع مادة الشُغلة. يمكن أن تكون هنالك حاجة للخطوة الواسعة نسبياً في أسنان التخشين لتلائم حمل رايش أكبر. خطوة السن يمكن أن تكون أصغر في أسنان شبه الإنهاء لإختزل الطول الكلي لعُدة المِشد. يتم إحتساب الخطوة بحيث أفضل سنَين أو أكثر تقطع في وقت واحد، وهذا يمنع العُدة من الإنحراف أو الإصطكاك.

7- **إخدود السن** (Tooth Gullet).

عمق إخدود السن يتناسب لإرتفاع السن، الخطوة، ومادة الشُغلة. نصف قطر جذر السن يصمم عادة بحيث أن الرايش يُلف بشدة داخل نفسه حيث يَشغِل فراغ صغير قدر الإمكان (الشكل رقم (b-5-14)). عند تصميم المشدات، يجب أن يجري الإنتباه لحِمل الرايش (*Chip Load*)، كسارات الرايش، زوايا القص، والخلاص الجانبي.



الشكل رقم (14- 5): a- مصطلحات سن المِشد b- كيفية ملئ الرايش الإخدود خلال عملية الشد

8- حِمل الرايش (Chip Load).

حالما يدخل كل سن إلى الشُغلة، فأنه يقطع سمك ثابت من المادة. طول وسمك الرايش الثابت ينتج بواسطة الشَد المولد حِمل رايش الذي يُحسب بواسطة تصميم عُدة المِشد ومعدل التغذية المحسوب مسبقاً. معدل تغذية حِمل الرايش لايمكن أن يُعدل أو يغير بواسطة مُشغل الماكنة كما هو الحال مع معظم عمليات التشغيل. الرايش الكامل الناتج بواسطة مشوار كامل لكل سن مِشد يجب أن يتم إحتوائه بحرية داخل إخدود السن المتقدم (الشكل رقم (14-15-b)) حجم إخدود السن هو دالة لحِمل الرايش ونوع الرايش الناتج. على أية حال، الشكل الذي يأخذه كل رايش يعتمد على مادة الشُغلة والخطاف. المواد الهشة تنتج القشور، المواد المطيلية أو الطروقة تنتج رايش حلزوني.

9- كسارات الرايش (Chip Breakers).

تستخدم الحزوز المسماة كسارات الرايش على عُدد المِشد للحد من تكدس الرايش أو تسهيل إزالته. تجلخ كسارات الرايش داخل أسنان المِشد للتخشين وشبه الإنهاء، موازية لمحور العُدة. كسارات الرايش على الأسنان المتبادلة تُخالف بحيث أن تنصيب واحد لكسارات الرايش يتبع بواسطة حافة القطع. أسنان الإنهاء تكمل العمل. كسارات الرايش أساسية على عُدد الشد المدورة. بدون كسارات الرايش، سوف تُكون العُدة رايش له شكل الحلقة، والذي سوف يُحشر داخل أخاديد السن وأخيراً يسبب كسر العُدة.

10- زاوية القص (Shear Angle).

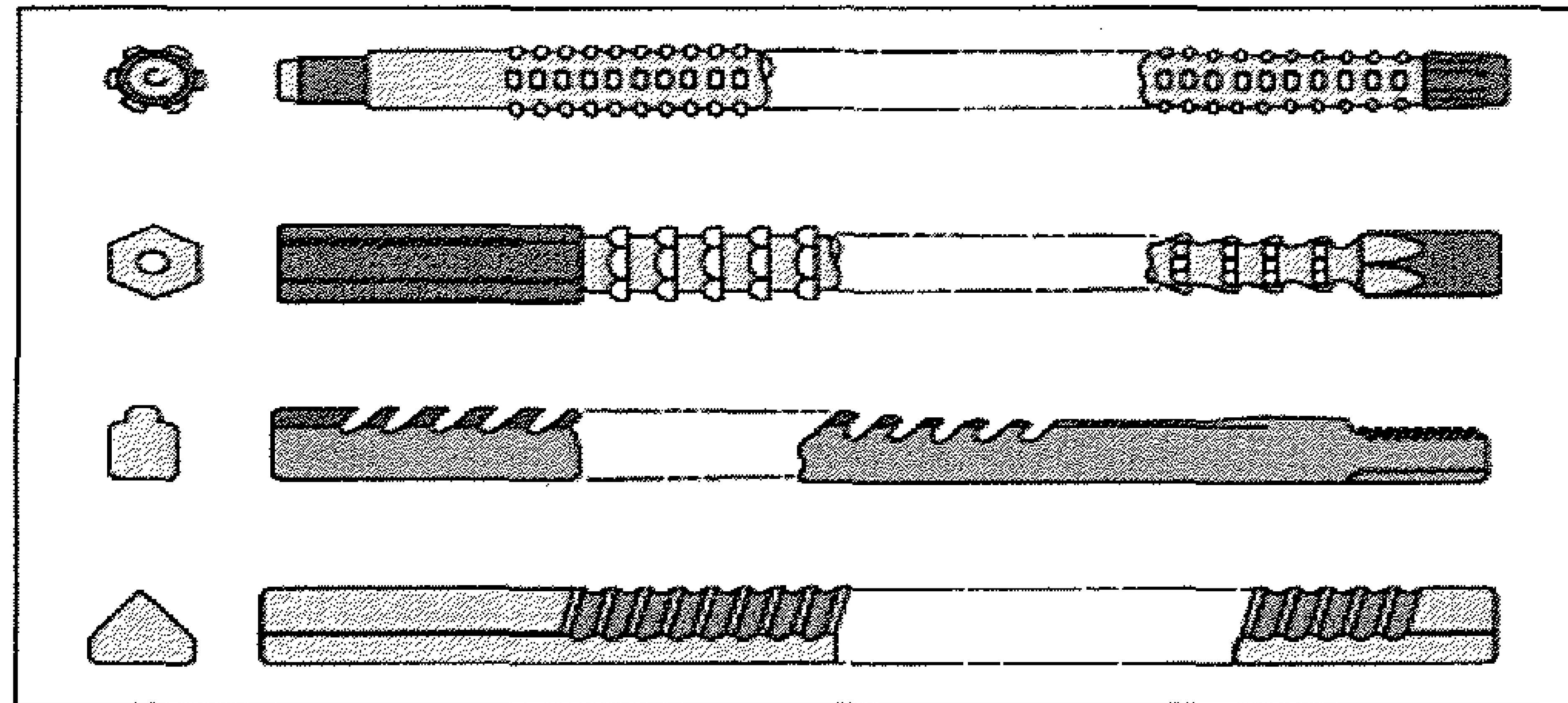
إن مصممي المِشد ربما يضعون أسنان المِشد عند زاوية قص لتحسين سطح الإنهاء وإختزال إصطكاك العُدة. عندما يتم قطع سطحان متجاوران في وقت واحد، فأن زاوية القص هي عامل مهم في حركة الرايش بعيداً عن زاوية التقاطع (*Intersecting Angle*) لمنع إنحشار الرايش في تقاطع أسنان القطع. طريقة أخرى لوضع الأسنان عند زاوية القص على المِشدات وهي بواسطة إستخدام نموذج فقار الرنكة (*Herring Bone*). ميزة هذا التصميم هي إنه يحد من ميل الأجزاء لتتحرك جانباً في مُثبتات ماسك العُدة أثناء الشَد.

11- الخلاص الجانبي (Side Relief).

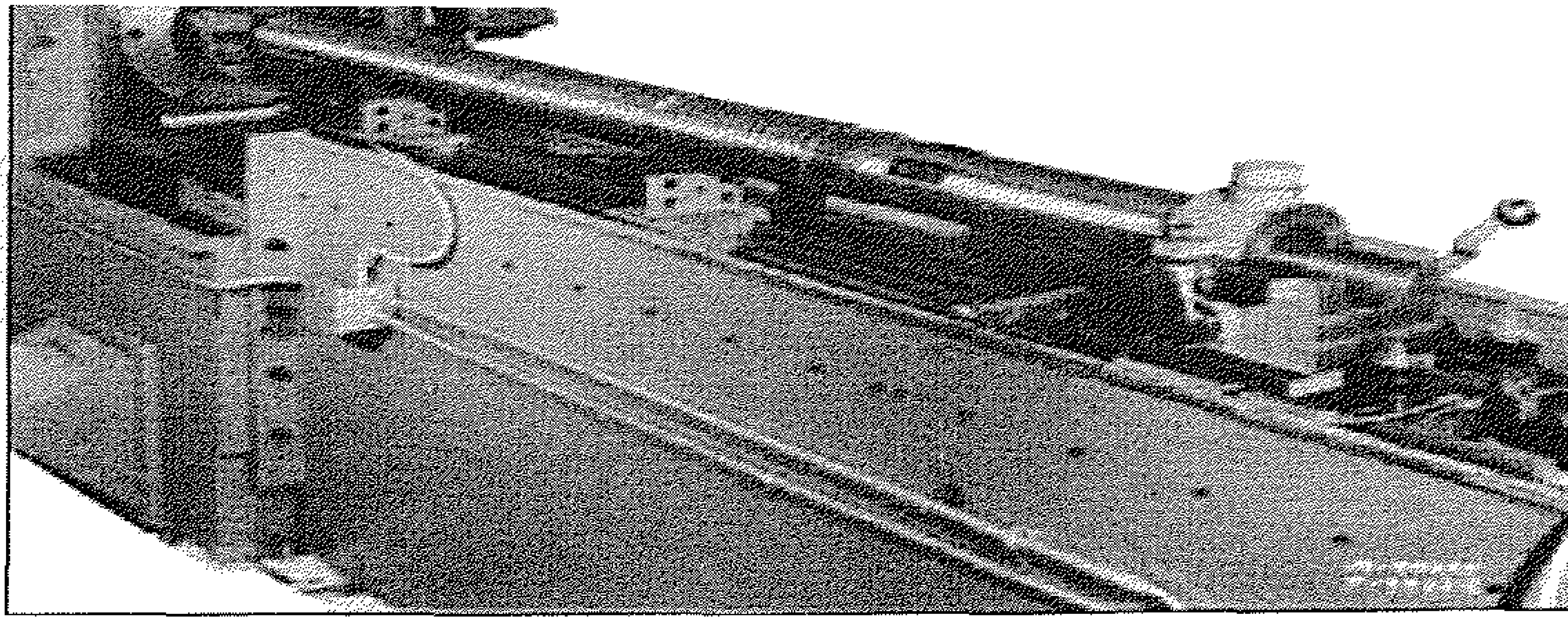
عندما يتم تخليق الشقوق، تصبح العُدة محاطة بواسطة الشق أثناء القطع ويجب حَمل الرايش الناتج خلال كامل طول الشُغلة. جوانب أسنان المِشد سوف تحك جوانب الشق وتسبب بلى عُدة سريع ما لم يتم إضافة الخلوص، ويفضل لهذا الشيء تجليخ زاوية خلاص مفردة على كلا الجانبين لكل سن. لهذا يسمح فقط لجزء صغير من السن القريب من حافة القطع يسمى الأرضية الجانبية (*Side Land*)، يسمح له ليحتك ضد الشق. يستخدم نفس الإسلوب لزاوية جانبية واحدة تقطع وتُحدد المِشدات.

4.14 أنواع المِشدات (Types of Broaches) .

هنالك نوعان رئيسيان للمِشدات هما مِشد الدفع (*Push Broach*) ومِشد السحب *Broach*) (*Pull*)، وهنالك تقسيم أخر للمِشدات وهو المشدات الداخلية (*Internal*) والمِشدات الخارجية (*External*). يجب أن يكون مِشد الدفع قصير نسبياً لأنه عمود في حالة ضغط وسوف ينبعج وينكسر تحت الحمل الثقيل جداً. تستخدم مِشدات السحب غالباً مع مكبس محور دوران بسيط إذا كانت كميات العمل منخفضة، وللإنتاج ذي الحجم المتوسط والعالي تستخدم هذه المِشدات في ماكنات الشَد. مِشدات السحب (الشكل رقم (14- 4)) تُسحب أما للأعلى أو للأسفل أفقياً خلال أو عبر الشُغلة دائماً بواسطة الماكنة. المِشدات المسطحة أو القريبة من التسطح يمكن أن يكون نوع السحب ،أو يُثبت المِشد بجساءة مع الشُغلة، بعدها تسحب عبر أسنان الشَد. كتل إسطوانة السيارة والرؤوس غالباً تسوى بتسطح بواسطة هذه الطريقة. الشكل رقم (14- 6) يوضح أشكال مِشد متنوعة للأنواع المسطحة والمدورة. الشكل رقم (14- 7) يوضح عملية شَد مُخدد واسعة بإستخدام ماكنة شَد أفقية.



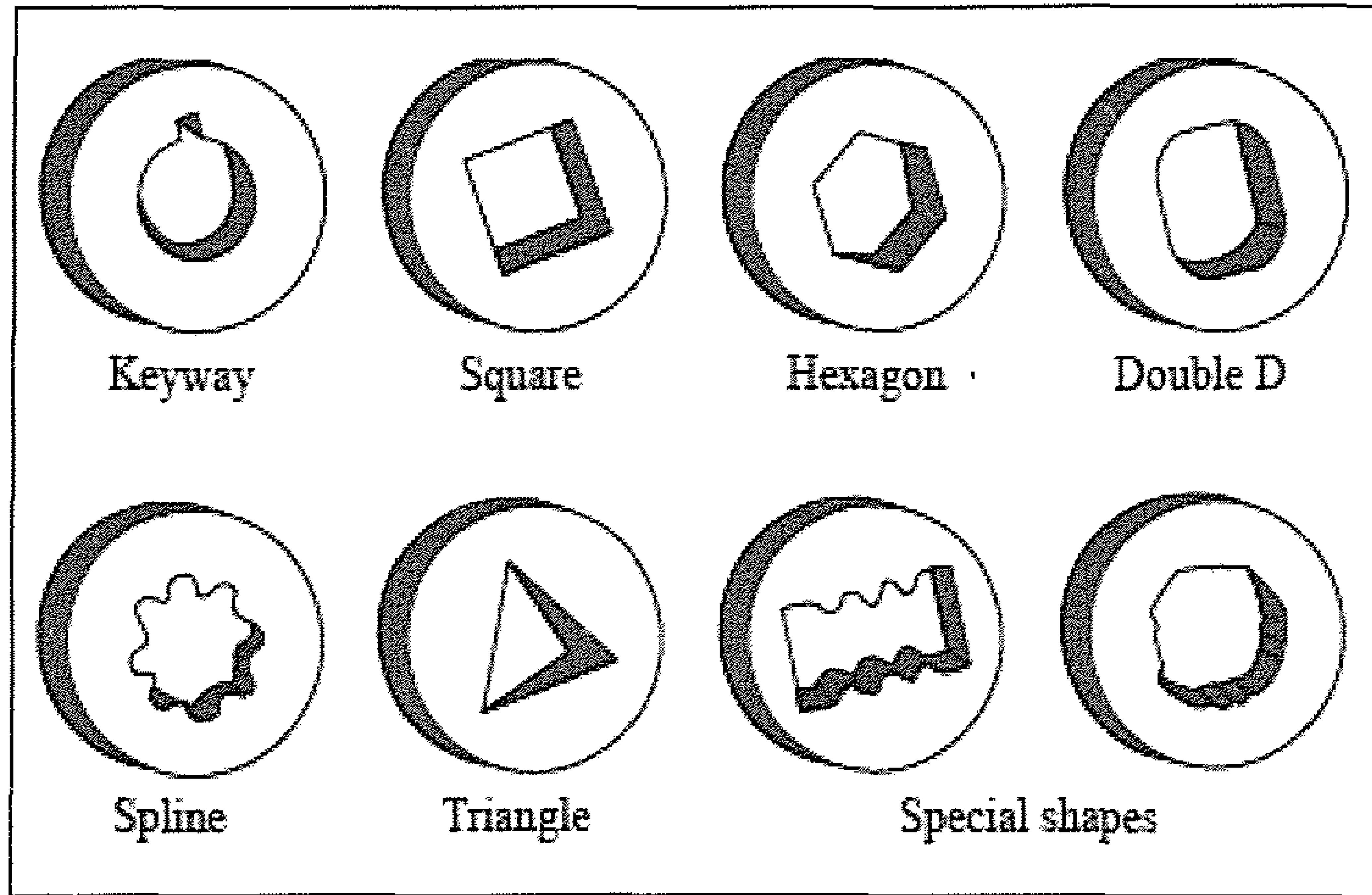
الشكل رقم (14- 6): أشكال مِشد متنوعة مسطحة ومدورة



الشكل رقم (14- 7): عملية شَد مُخدد (Spline) واسعة بإستخدام ماكنة شَد أفقية

1.4.14 المِشدات الداخلية (Internal Broaches).

المِشدات الداخلية أما تسحب أو تدفع خلال الثقب الإبتدائي ، ويمكن أن تتوزع من الآلية بالكامل متعددة المراكز العمودية، إلى أنواع السحب الأفقية للمكابس البسيطة. الشكل رقم (14- 8) يوضح أشكال متنوعة التي يمكن أن تنتج بواسطة المِشدات الداخلية.



الشكل رقم (14- 8): أشكال متنوعة للمنتجات يمكن إنتاجها بالمِشدات الداخلية

1. مِشد مجرى الخابور (Key Way Broach).

معظم مجاري الخوابير في عُدد وأجزاء التشغيل تُقطع بواسطة مِشد مجرى الخابور، الذي هو عبارة عن قضيب ضيق مسطح مع أسنان قطع موزعة على طول سطح واحد. كل من مجاري الخوابير الخارجية والداخلية يمكن أن تُقطع مع هذه المِشدات. تتطلب مجاري الخوابير الداخلية عادة جُلبة مشقوقة *(Slotted Bushing)* أو بوق *(Horn)* لتوافق الثقب، مع سحب مِشد مجرى الخابور خلال

البوق، فأنه يوجه بواسطة الشق. إذا كان هنالك عَدد من الأجزاء، وكلها بنفس القطر وحجم مجرى الخابور، يُراد تشغيلها، فأنه يمكن أن يصمم مِشد مجرى خابور داخلي ليتوافق داخل الثقب لإسناد أسنان القطع، حيث تمتد فقط أسنان القطع فوق قطر الثقب لقطع مجرى الخابور، والجُلب والأبواق لا يحتاج إليها.

2. أدوات الصقل بالحك (Burnishers).

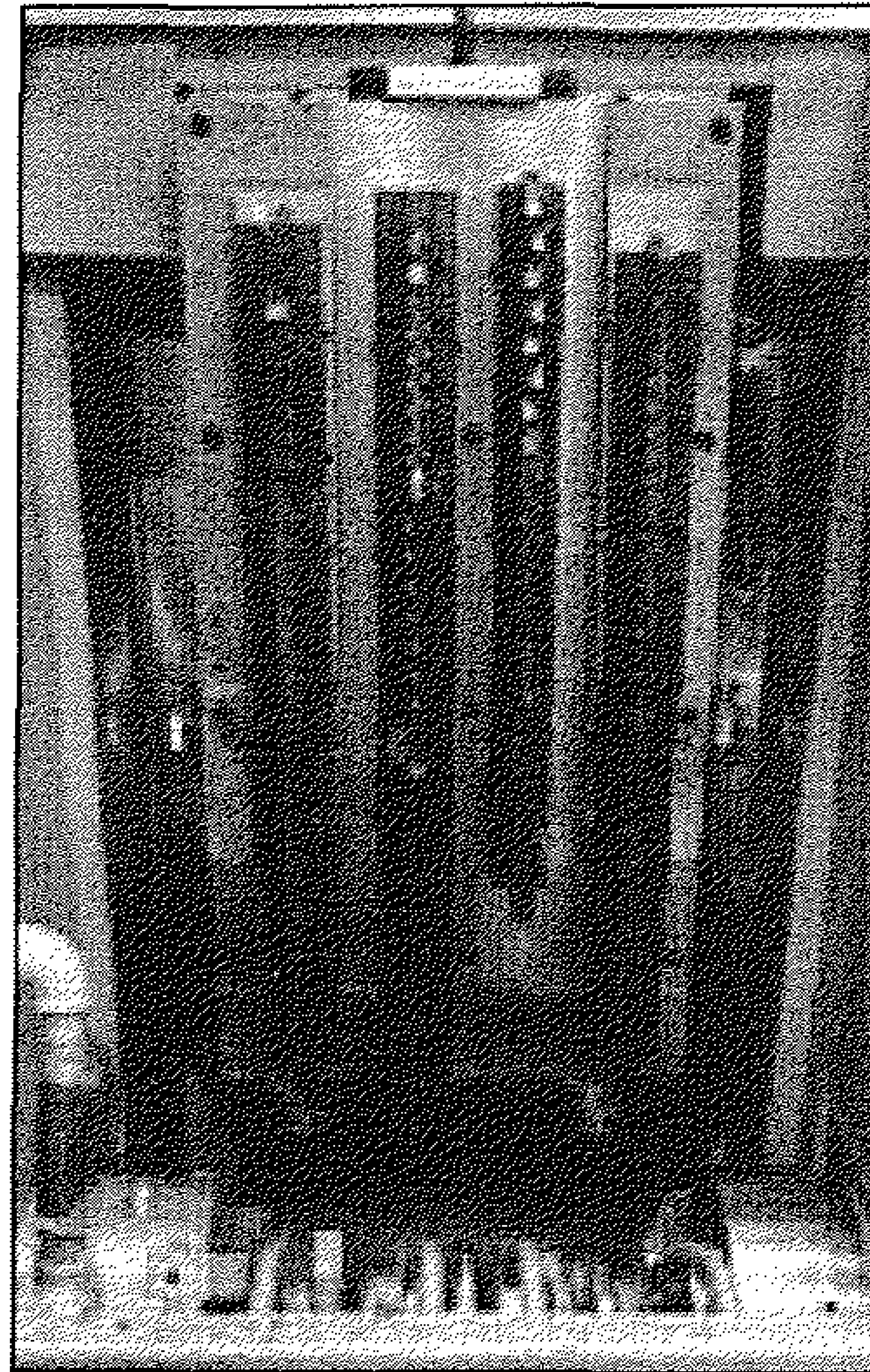
أدوات الصقل بالحك هي عُدد شَد تصمم لصقل الثقب أكثر مما تقطع. أن التغير الكلي في القطر ينتج بواسطة الصقل يمكن أن يكون أكثر من ("0.0005) إلى ("0.001). تستخدم عُدد الصقل بالحك عندما يكون إنهاء السطح والدقة حرجين، وعادة هذه العُدد تكون قصيرة نسبياً وعموماً تصمم كمِشدات دفع. في بعض الأحيان تكون أزرار الصقل (*Burnishing Buttons*) محصورة خلف مقطع سن الإنهاء السطحي لعُدة الشَد التقليدية. مقطع الصقل يمكن أن يضاف كرابط خاص أو كغلاف (*Shell*) سهل الإستبدال. هذه الأغلفة المستبدلة هي عموماً تستخدم لخفض كُلف تجهيز العُدد عندما يتوقع بلى عالي أو كسر العُدة، كذلك تستخدم لتحسين الإنهاء السطحي .

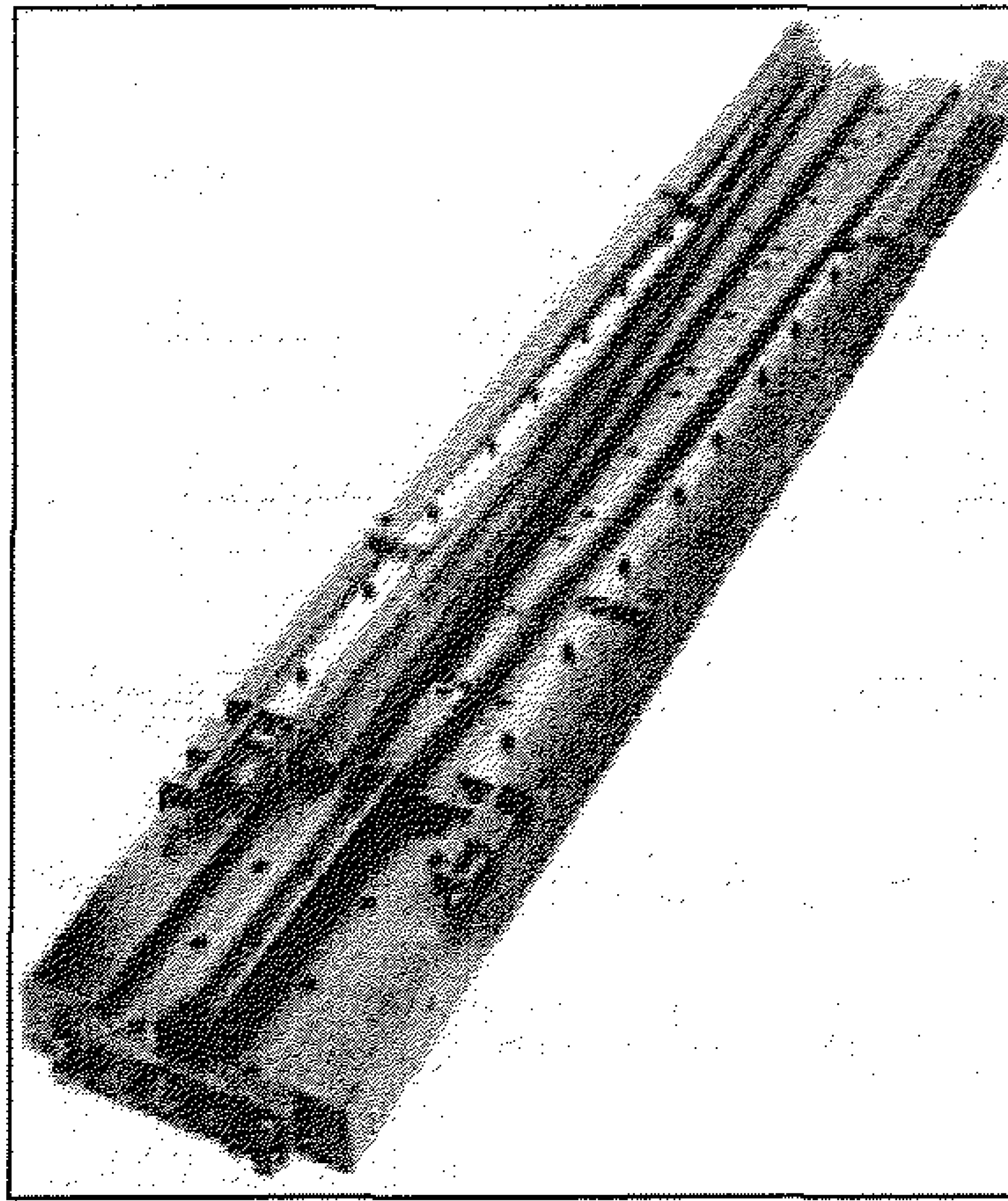
3. المِشدات المجوفة (Shell Broaches).

يمكن أن تستخدم المِشدات المجوفة على مقاطع التخشين، شبه الإنهاء، والإنهاء لعُدة المِشد. الميزة الأساسية للمِشد المجوف هي إن المقاطع البالية يمكن أن تُزال ويُعاد سنها أو إستبدالها، عند كلفة أقل كثيراً عما هي عليه في عُدة القطعة المفردة العادية. عندما تستخدم التجاويف (*Shells*) لأسنان الإنهاء للمِشدات الطويلة، فأن الغلاف (*Shell*) يمكن أن تجلخ بكثرة لدقة كبيرة عما هو موجود في عُدة المِشد التقليدية الطويلة، والعُدة يمكن أن تستمر لتكون مستخدمة بواسطة إستبدال الغلاف. المِشدات المجوفة هي مشابهة لقواطع التفريز المجوفة التي نُوقشت في الفصل الثاني عشر.

2.4.14 المشدات السطحية (Surface Broaches) .

إن المِشـدات المسـتخدمة لإزالـة المـادة مـن السـطح الخـارجي بشـكل شـائع تسمى بالمِشدات السطحية. هكذا مِشدات تُمرر فوق سطح الشُغلة المراد قطعها، أو الشُغلة هي التي تُمرر على العُدة على الماكنات الأفقية، العمودية، أو السلاسل لإنتاج السطوح المستوية أو الكنتورية. هنالك بعض المِشدات السطحية تكون ذات تركيب صلد، ومعظمها تبنى تصميمياً مع مقاطع (*Sections*)، لُقم ، أو لُقم عُدة قابلة للتقسيم التي تجمع نهاية - إلى - نهاية في ماسك المِشد أو الماسك الفرعي. يتوافق الماسك على منزلق الماكنة ويزود تراصف جاسيء وساند. تركيبة المِشدات السطحية موضحة في الشكل رقم(14-9-a) .


(b)


(a)

الشكل رقم (14- 9): a- تركيبة مجموعة مِشدات سطحية b- مجموعة مِشد سطحي مع لُقم كاربيدية قابلة للتقسيم

1. المِشدات المقطعية (Sectional Broaches).

تستخدم المِشدات المقطعية لتخليق الأشكال غير العادية أو الصعبة، غالباً في مشوار واحد. يمكن أن يكون المِشد المقطعي مدور أو مسطح، داخلي أو خارجي. المبدأ وراء هذه العُدة مشابهة لتلك الموجودة في المِشد المجوف، لكن

المقاطع المستقيمة للأسنان تربط بالبراغي على طول المحور للمِشد عما هي تثبت على محور الدوران. عُدة معقدة يمكن أن تبنى من مجموعة واضحة لمقاطع سن بسيطة لإنتاج قطع ذو تعقيد معتبر.

2. لُقم الشَد الكاربيدية (Carbide Broach Inserts).

عُدد الشَد مع لُقم الشَد الكاربيدية الملحومة، تستخدم كثيراً لتشغيل أجزاء حديد الزهر. إن الأعمال اليوم مثل تشغيل كُتل المحرك الذاتي، تتحرك بقوة لإستخدام اللُقم القابلة للتقسيم (الشكل رقم (b-9-14)) وهذا يمتلك تكاليف تجهيز عُدد كبيرة في العديد من التطبيقات.

3. المِشدات اللوحية (Slab Broaches).

المِشدات اللوحية، عُدد بسيطة لإنتاج السطوح المستوية حيث تكون في الواقع مِشدات عامة الغرض إلى حد ما. المِشد اللوحي المفرد يمكن أن يستخدم لإنتاج السطوح المستوية آخذاً عرض وأعماق مختلفة على أي شُغلة بواسطة صنع تعديلات صغيرة للمِشد، المثبت و/أو الماكنة.

4. مِشدات المجرى (Slot Broaches).

تستخدم مِشدات المجرى من أجل قطع المجاري، ولكنها ليست عامة الغرض في الوظيفة مثل المِشدات اللوحية. يمكن أن تصنع التعديلات بسهولة لإنتاج أعماق مجاري مختلفة، لكن العرض هو دالة لعرض المِشد. عندما تكون هنالك حاجة لحجم إنتاج كافي، على أية حال، فأن مِشدات المجرى هي غالباً الأسرع وأكثر إقتصادية من قواطع التفريز. في الشَد، يمكن غالباً أن يتم قطع مجريان أو أكثر في نفس الوقت.

5.14 أنواع ماكنات الشَد (Types of Broaching Machines).

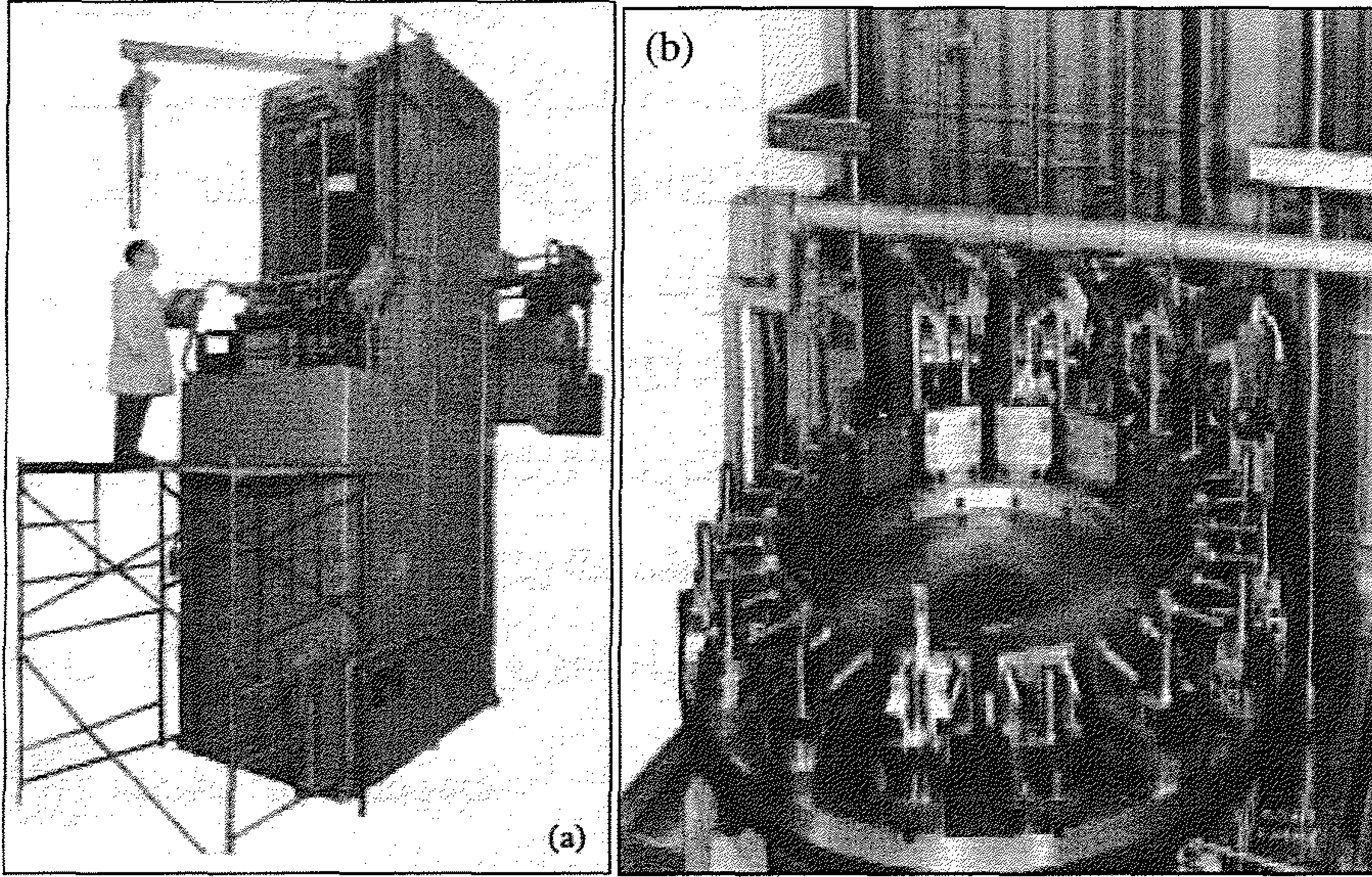
إن نوع عُدة قطع المِشد المطلوبة لعمل معين هي العامل المفرد المهم على الأغلب في تحديد نوع ماكنة الشَد المراد إستخدامها. العامل المهم في المرتبة

الثانية هو متطلبات الإنتاج. وبجمعها سوية، يُحدد هذان العاملان النوع الثابت لماكنة العمل. نوع عُدة المِشد (داخلي أو سطحي) يُضيق بشكل فعلي أنواع الماكنات التي يمكن أن تستخدم. عَدد القِطع المطلوبة لكل ساعة، أو فوق دورة الإنتاج الكاملة، سوف يُضيق إلى حد بعيد المجال. للشد الداخلي، طول المِشد نسبة لقطره يمكن أن يحسب فيما إذا كان يجب أن يُسحب أكثر مما يُدفع خلال الشُغلة، لعُدة المِشد التي أقوى في الشَد عما هو في الضغط. هذا الشيء في التدوير، يساعد في حساب أو تحديد نوع ماكنة العمل. العامل المهم الأخر في إختيار الماكنة هو نوع الإدارة (*Drive*)، هيدروليكية أو كهروميكانيكية، بحيث إنها قابلة للتحويل وذاتية الحركة. بعض تصميمات الماكنة تسمح بالتحويل من العمل الداخلي إلى السطحي، وبعض هذه التصميمات هي آلية بالكامل، الأُخرى محدودة المدى وتشغل فقط مع إشراف مُشغل مُغلق.

1.5.14 ماكنات الشَد العمودية (Vertical Broaching Machines) .

حوالي 60٪ من العدد الكلي لماكنات الشَد الموجودة هي عمودية، وعلى الأغلب مقسمة على حد سواء بين ماكنات الشد العمودية الداخلية أو العمودية السطحية أو ماكنات تجمع الإثنين. تستخدم ماكنات الشَد العمودية في كل المساحة الرئيسية لتشغيل المعدن، وعلى الأغلب كل هذه الماكنات هيدروليكية الإدارة. الشكل رقم (14- 1) يوضح عملية شَد عمودية. إن أحد المميزات الأساسية لهذه الماكنات التي تعزز تطورها ، هي بدأها بالدوران داخل التحديد . أشواط القطع الآن المستخدمة غالباً تتجاوز خلوصات سطح المعمل الموجود. عندما تصل الماكنات إلى إرتفاع (*feet* 20) أو أكثر، فأنه يجب أن يتم حفر الحُفر الباهظة للماكنة، بحيث إن العامل يمكن أن يعمل عند مستوي أرضية المعمل. ماكنة شَد عمودية واسعة موضحة في الشكل رقم (a-10-14). أنواع ماكنات الشَد الداخلية العمودية هي المنضدة العلوية (*Table-up*)، السحب للأعلى (*Pull-*

up)، السحب للأسفل (*Pull-down*)، أو الدفع للأسفل (*Push-down*) اعتماداً على نمط تشغيلها .



الشكل رقم (14- 10): a- ماكنة شَد عمودية واسعة b- مُثبت ماكنة شَد عمودية مُتعدد الموقف خاص

1. المنضدة العلوية العمودية (Vertical Table-up).

ماكنات المنضدة العلوية العمودية مطلوبة اليوم لتلاقي مفهوم الخلية (المرن) للتصنيع، حيث يحتاج إلى دورات قصيرة لمركبات خاصة. عند إتمام دورات قصيرة (1- 2 سنة)، فأن الماكنات يمكن أن يُعاد تجهيزها بالعُدد وتتحرك لمساحة أخرى للوحدة الصناعية بدون المشكلة كتلك المعمولة مع الحُفر في أرضيات الورشة. مع هذا النوع من الماكنات مواقع الجزء على المنضدة هي التي تتحرك للأعلى بينما المشد ساكن. أطوال الشوط (30°- 90°) والقدرات المُحددة لهذه الماكنة هي (*5ton*- *30ton*).

2. السحب للأعلى الداخلي العمودي (Vertical Internal Pull-up).

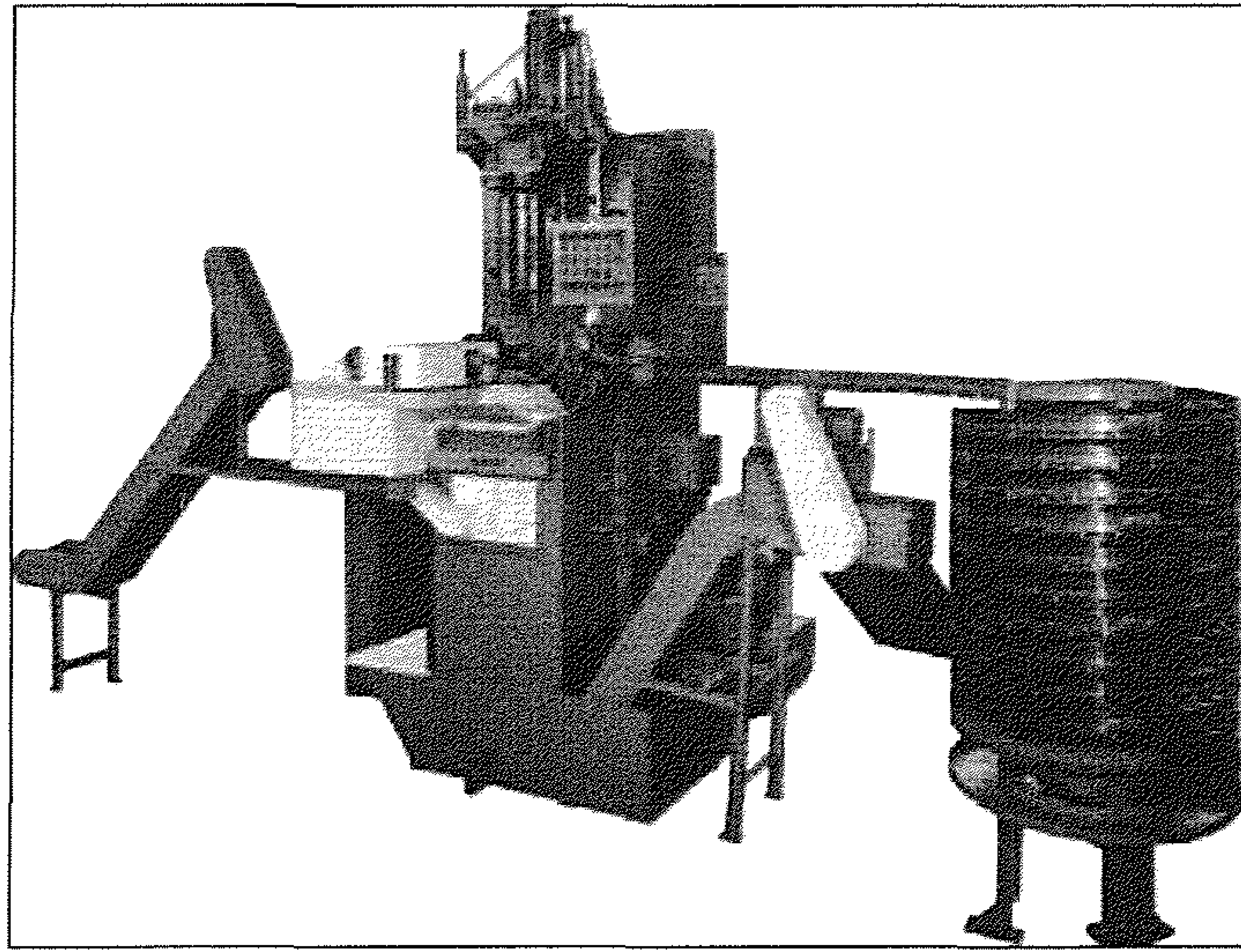
نوع السحب للأعلى، الذي فيه توضع الشُغلة أسفل منضدة العمل، كان أول ما قُدم. إن الإستخدام الأساسي لها هو في شَد الثقوب المدورة وغير منتظمة الشكل. ماكنات السحب للأعلى تزود الآن بطاقات (*ton* 6- *ton* 50)، وأشواط فوق (72˝) وسرعات شَد (30 *FPM*). الماكنات الأكبر أيضاً متوفرة، بعضها يمتلك إدارات كهروميكانيكية لسرعة الشَد العالية والإنتاجية الأعلى.

3. السحب للأسفل الداخلي العمودي (Vertical Internal Pull-down).

ماكنات السحب للأسفل كثيرة التفاصيل التي توضع فيها الشُغلة على قمة المنضدة، كانت قد طُورت لاحقاً عما هو مع نوع السحب للأعلى. ماكنات السحب للأسفل هذه قادرة على مسك الأشكال الداخلية لتفاوتات دقيقة جداً بواسطة وسائل المثبتات الموضعية على قمة منضدة العمل. الماكنات تأتي مع قدرات سحب (*2ton*- *75ton*)، أشواط (30˝- 110˝)، وسرعات فوق (80*FPM*).

4. الدفع للأسفل الداخلي العمودي (Vertical Internal Push-down).

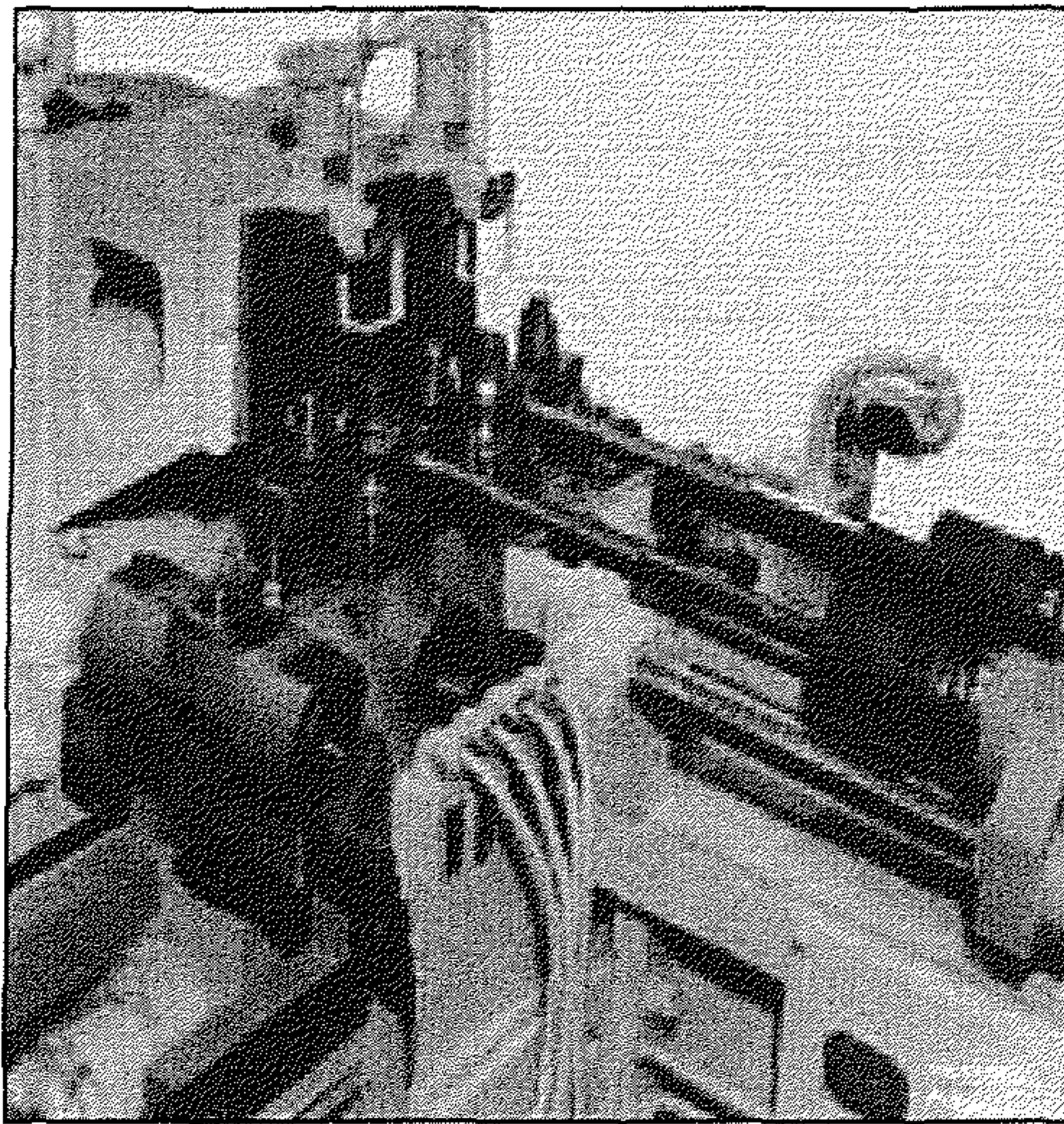
ماكنات الدفع السفلي الداخلي العمودية هي غالباً ليست أكثر من مكابس هيدروليكية عامة الغرض مع مُثبتات خاصة. تتوفر هذه الماكنات مع سعات (*ton* 2- *ton* 25)، أشواط فوق (36˝) وسرعات أعلى من (40*FPM*). في بعض الحالات، تم تصميم الماكنات العامة (*Universal Machines*) التي تجمع أكثر من ثلاث عمليات شَد مختلفة ببساطة مثل الدفع ، السحب ،والسطح من خلال إضافة مُثبتات خاصة. مُثبت ماكنة سحب عمودية متعدد الموقف موضح في الشكل رقم (b-10-14). ماكنة شَد عمودية مع ناقلات تحميل وإفراغ موضحة في الشكل رقم (14- 11).

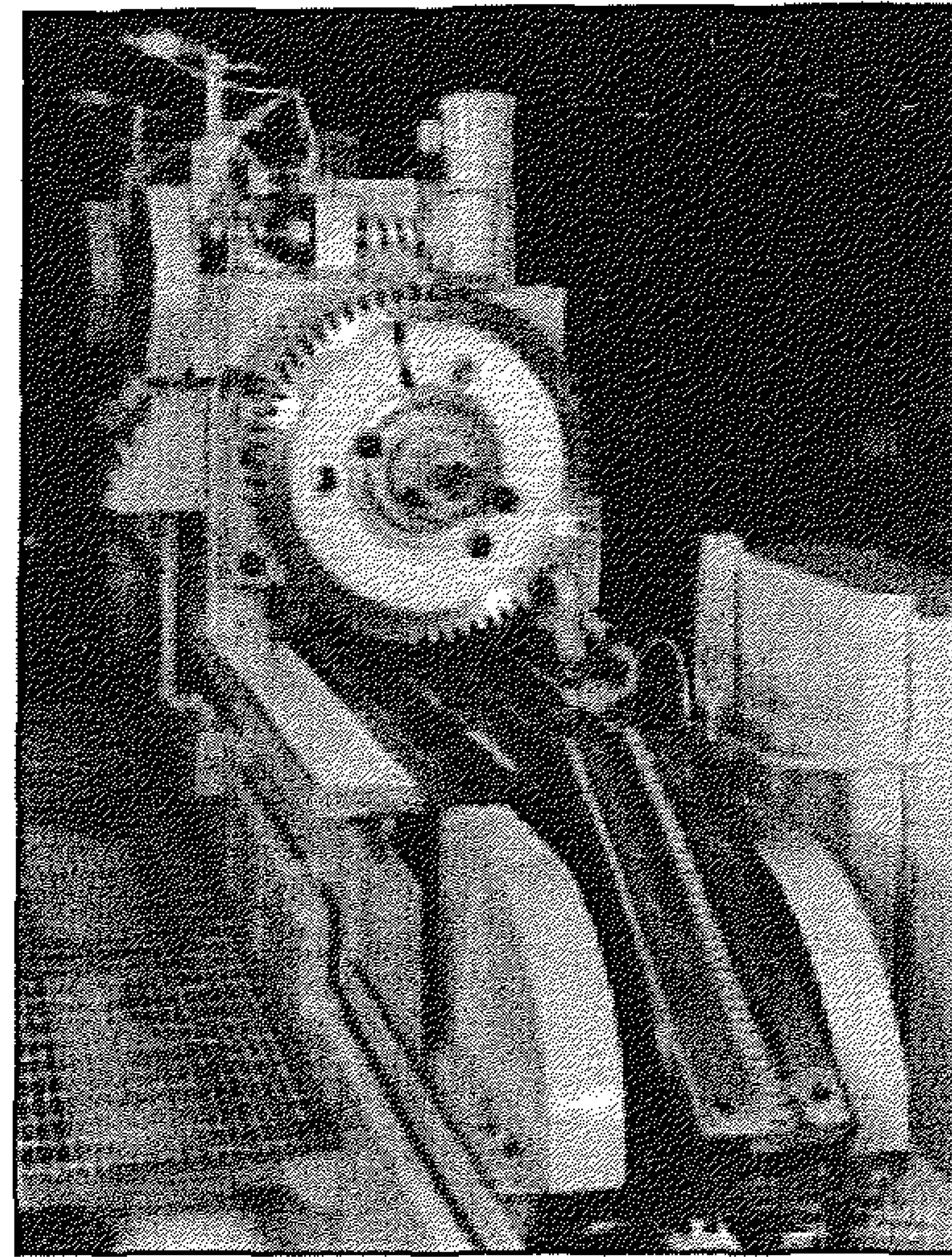


الشكل رقم (14- 11): ماكنة شَد عمودية مع ناقلات تحميل وإفراغ

2.5.14 ماكنات الشد الأفقية (Horizontal Broaching Machines) .

إن الشكل المفضل لماكنات السحب يميل الآن ليصبح كامل الإستدارة. الترس أو اللولب الإبتدائي المدور للماكنات صُمم كوحدات أفقية. تدريجياً، تم تطوير الماكنات العمودية حيثما أصبح من الظاهر أن فراغ الأرضية يمكن أن يكون أكثر كفاءة للإستخدام مع الوحدات العمودية الماكنة. الآن، الماكنة الأفقية مع الإدارة الهيدروليكية والميكانيكية، وجَدت مجدداً زيادة في التفضيل من قِبل عَدد كبير من المستخدمين بسبب أشواطها الطويلة جداً وتحديد مواضع إرتفاع السقف في الماكنات العمودية. الآن حوالي 40٪ من كل ماكنات الشَد هي أفقية. وتستخدم هذه الماكنات وبشكل حصري لبعض أنواع العمل مثل التخشين والإنهاء لكتل الماكنة الآلية. ماكنة شد أفقية داخلية ثنائية الموقف موضحة في الشكل رقم (14-12-a).


(a)


(b)

الشكل رقم (14- 12): a- ماكنة شَد أفقية داخلية ثنائية الموقف b- عملية شَد ترس

تقسم ماكنات الشد الأُفقية إلى :

1 . **ماكنات الشد الداخلية الأفقية** (Horizontal Internal Broaching Machines).

إن المقدار الأكبر الى حد ما للشد الداخلي الأفقي ينفذ على ماكنات نوع السحب الهيدروليكي التي أصبحت أشكالها الى حد ما قياسية. وبمرور السنوات أصبحت المثلث الكامل لماكنات الشد الموجودة هي من هذا النوع وتلك التي تمثل الربع تقريباً هي عمرها فوق 25 سنة. وجدت هذه الماكنات من أجل التطبيق العنيف في إنتاج المعدات الصناعية العامة لكن يمكن أن توجد تقريباً في كل نوع للصناعة. الماكنات الداخلية الأفقية ذات الإدارة الهيدروليكية يُثبت مع قدرة سحب ممتدة من(*ton* 2.5- *ton* 75) ، المُصنع يقدم فقط الماكنات التي طولها حوالي (*feet* 8) الماكنات الأحدث لها فوق (*feet* 35) طولاً. الأشواط المتوفرة فوق (120") ، مع سرعات قطع بشكل عام مُحددة لأقل من (40*FPM*).

2. ماكنات الشَد السطحي الأفقية

.(Horizontal Surface Broaching Machines)

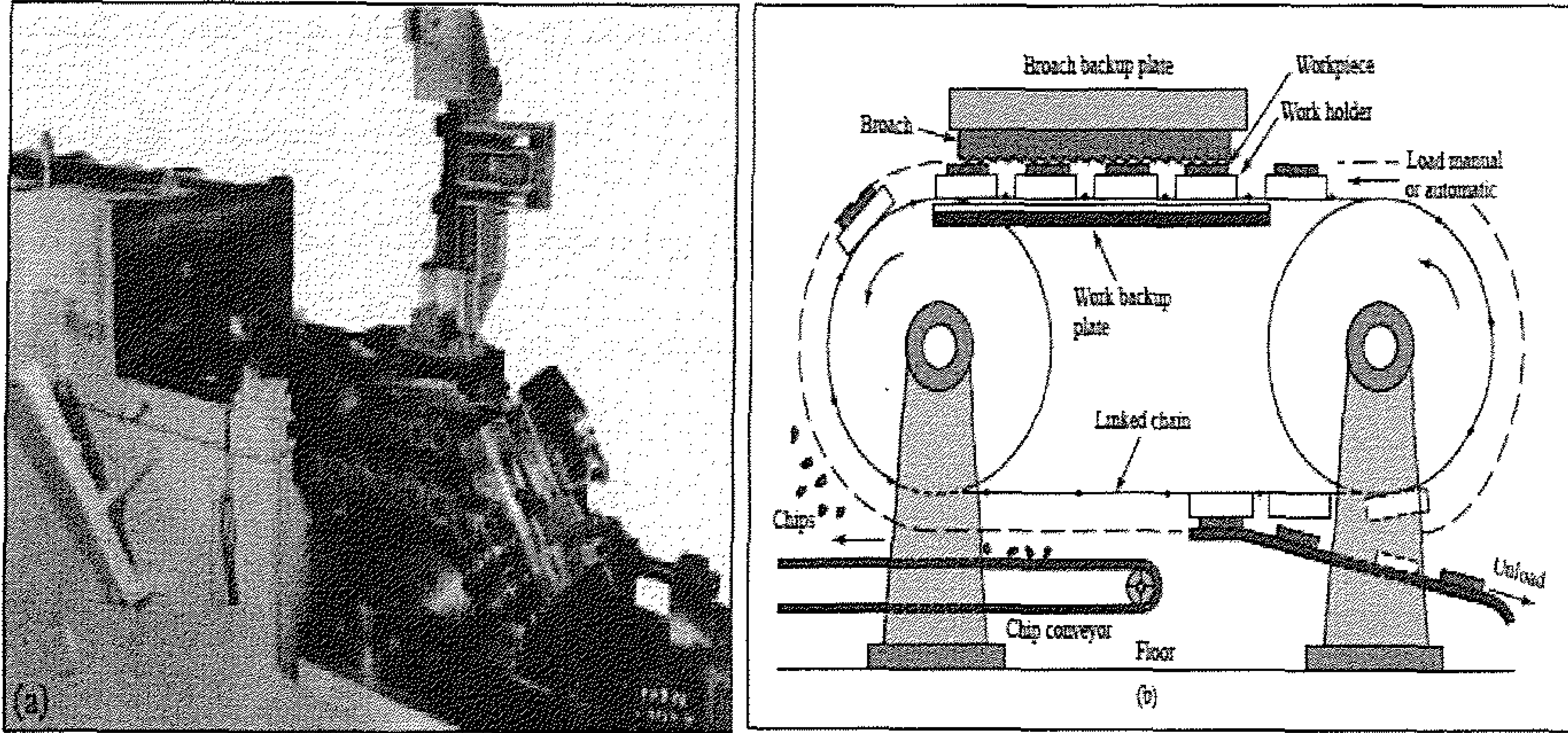
هذا النوع يمثل (10٪) فقط من ماكنات الشَد الموجودة، لكن هذا لا يدُل على النسبة المئوية للإستثمار الكلي الذي تمثله أو حجم العمل الذي تنتجه. ماكنات الشَد السطحي الأفقية تنتمي في الصنف بواسطة أنفسها بلغة الحجم والإنتاجية. الوحدات الأفقية المستمرة الواسعة فقط يمكن أن تتجاوزها في الإنتاجية. تصنع وحدات السطح الأفقية في كل النماذج الهيدروليكية أو الكهروميكانيكية من حيث الإدارة، مع إن النموذج الأخير هو السائد. عملية شَد ترس موضحة في الشكل رقم (14-12 -b). الماكنات السطحية الأفقية ذات الإدارة الهيدروليكية تنتج الآن مع سعات فوق (*40ton*)، أشواط فوق (180̈)، وسرعات قطع عادية (*FPM* 100). هذه الماكنات، هي العامل الرئيسي في الصناعة الآلية للعديد من السنوات لتشغيل أجزاء حديد الزهر المتنوعة الكثيرة.

تستخدم هذه الماكنات عُدد قطع كاربيدية قياسية وتمتلك بعض أعلى سرعات القطع المستخدمة في الشَد. لكن الماكنات السطحية الأفقية ذات الإدارة الكهروميكانيكية تأخذ زمام الأمور عند معدل الزيادة الدائمة لبعض التطبيقات، برغم كلفتها العالية بشكل عام. بسبب حركة تمساحها (*Ram*) الملساء والتحسينات المحصلة في إنهاء السطح وتفاوتات الجزء، أصبحت هذه الماكنات الصنف الأوسع بناءاً لوحدات الشَد السطحي. توجد هذه الماكنات مع سعات سحب تتجاوز (*100ton*)، أشواط فوق (*feet* 30)، وسرع قطع فوق (*FPM* 300) في بعض الحالات.

3.5.14 ماكنات الشَد السلسلية (Chain Broaching Machines).

يكون هذا النوع من الماكنات ذي الشعبية الأكبر المُنتج للشَد السطحي ذو الإنتاج العالي. إن المفتاح للإنتاجية لماكنة الشَد الأفقية المستمرة هو تحديد شوط

الرجوع بواسطة تثبيت الشُغلة أو العُدد على سلسلة مستمرة (الشكل رقم (14-13-a)). الشيء الأكثر تكراراً، هو إن العُدد هي التي تبقى ثابتة، حيث تكون مثبتة في نفق في قمة منتصف الماكنة والسلسلة تربط الشُغلات المارة تحتها مباشرة. شكل تخطيطي لماكنة شد سلسلية موضحة في الشكل رقم (14-13-b).



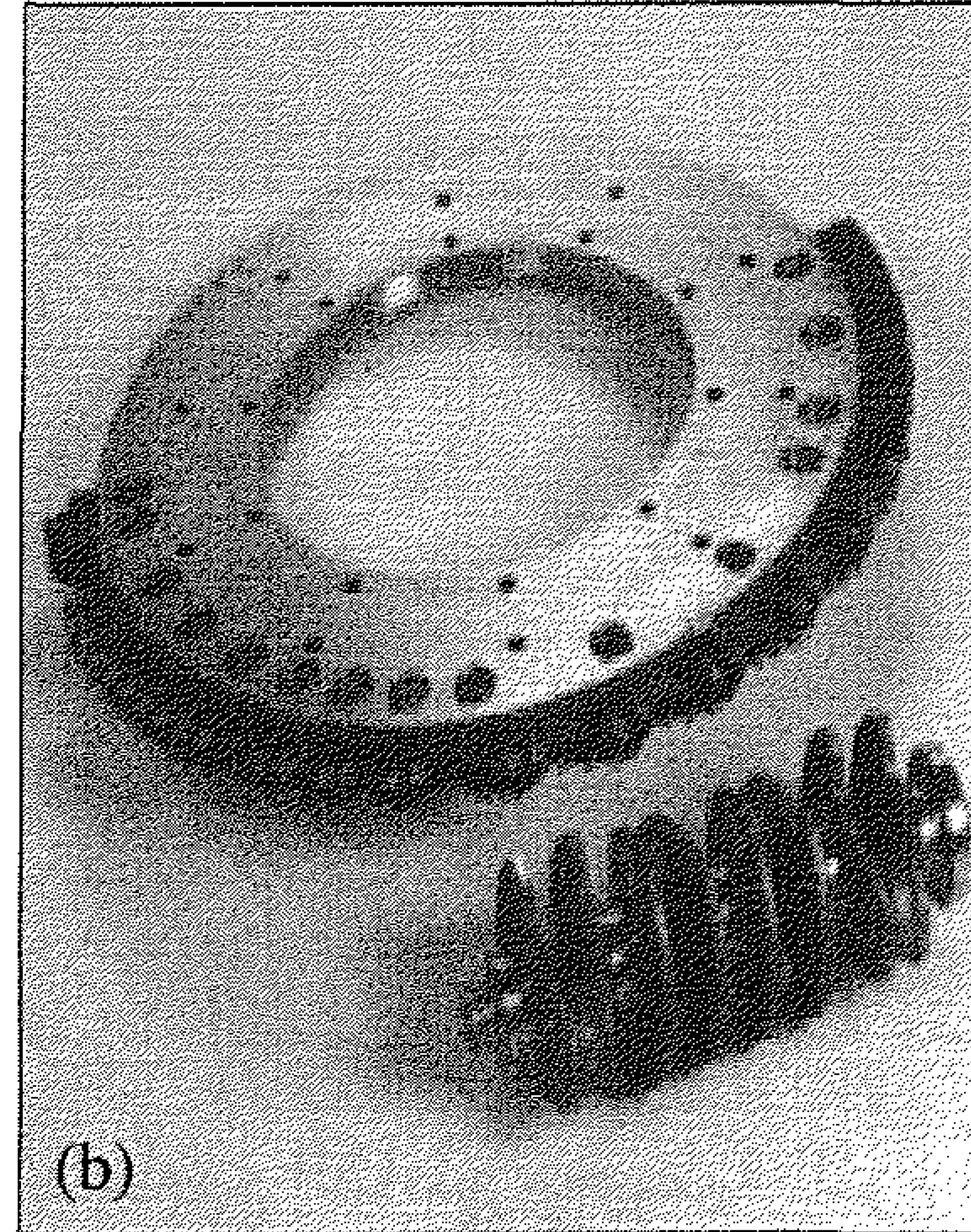
الشكل رقم (14- 13): a- عملية شد سلسلية مستمرة b- شكل تخطيطي لماكنة شد سلسلية مستمرة

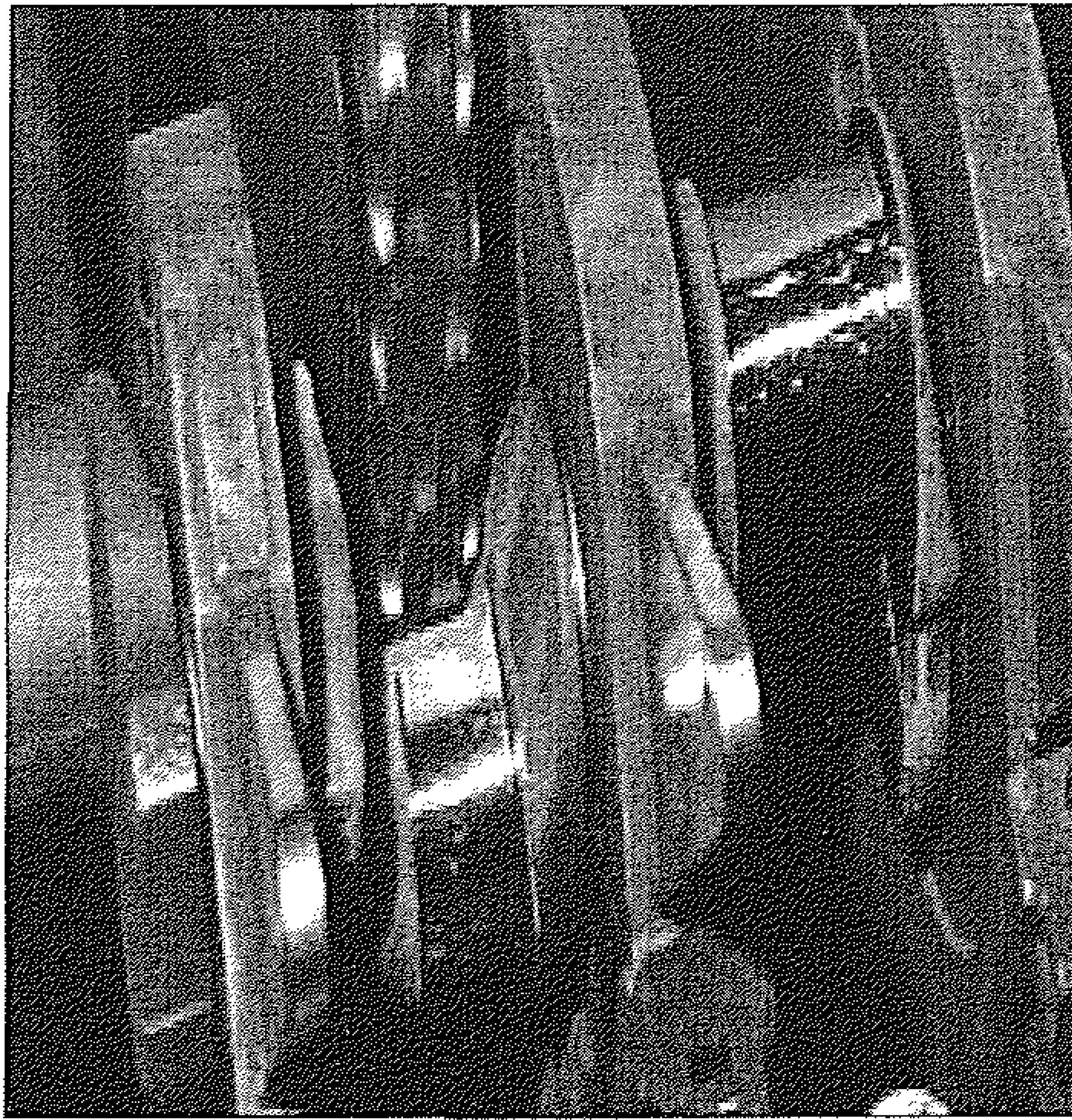
6.14 الشَد الدوار (Turn Broaching).

الشَد الدوار هو طريقة كفوءة لتشغيل الأعمدة المرفقية (*Crank Shafts*) المُصنعة من الفولاذ وحديد الزهر العقدي. ماكنات الشَد الدوار الخاصة متوفرة لطرق التشغيل الخطية، الدائرية، والحلزونية. مجاميع القاطع محيطية النوع تُبنى في شظايا كما موضح في الشكل رقم (14-14-b). أنظمة الشَد الدوار بشكل أساسي تستخدم نفس مركبات المقايسة للتخشين والإنهاء. نوع الماكنة يُحدد تصميم العُدة: خطي، دائري، حلزوني. الشظايا ولُقم التخشين في العُدة يعتمد على معدل إزالة الشوط المطلوب.

شظايا الإنهاء تتوافق مع اللُقم في خراطيش قابلة للتعديل التي يمكن أن توضع لتفاوتات مضبوطة جداً. تمتلك شظية التخشين حافات لُقمة ثابتة. عملية

شَد دوار لعمود مرفقي موضحة في الشكل رقم (a-14-14). شظايا العُدة تصمم بالحاسوب وتصنع لكل ماكنة لتلائم الشكل المطلوب والتفاوتات لكل عمود مرفقي. عَدد اللُقم والمواضع لكل شظية تصمم لتعطي قوى قطع منخفضة. يتم تصليد شظايا التخشين، مع مقاعد لُقمة ثابتة وحافظات رايش كبيرة. اللُقم تثبت مماسياً وتُقفل في الموضع بواسطة لولب مركزي. مجموعة قاطع مِشد دوار موضحة في الشكل رقم (b-14-14). ينتج عُمر عُدة طويل نتيجة لقِصر التعشيق لحافات القطع المفردة. يتم الحصول على فائدة التشغيل العالية بسبب إن قواطع الإنهاء تحتاج أن تُغير مرة واحدة فقط لكل نقطة وقواطع التخشين حوالي مرة كل ثلاثة نقلات.



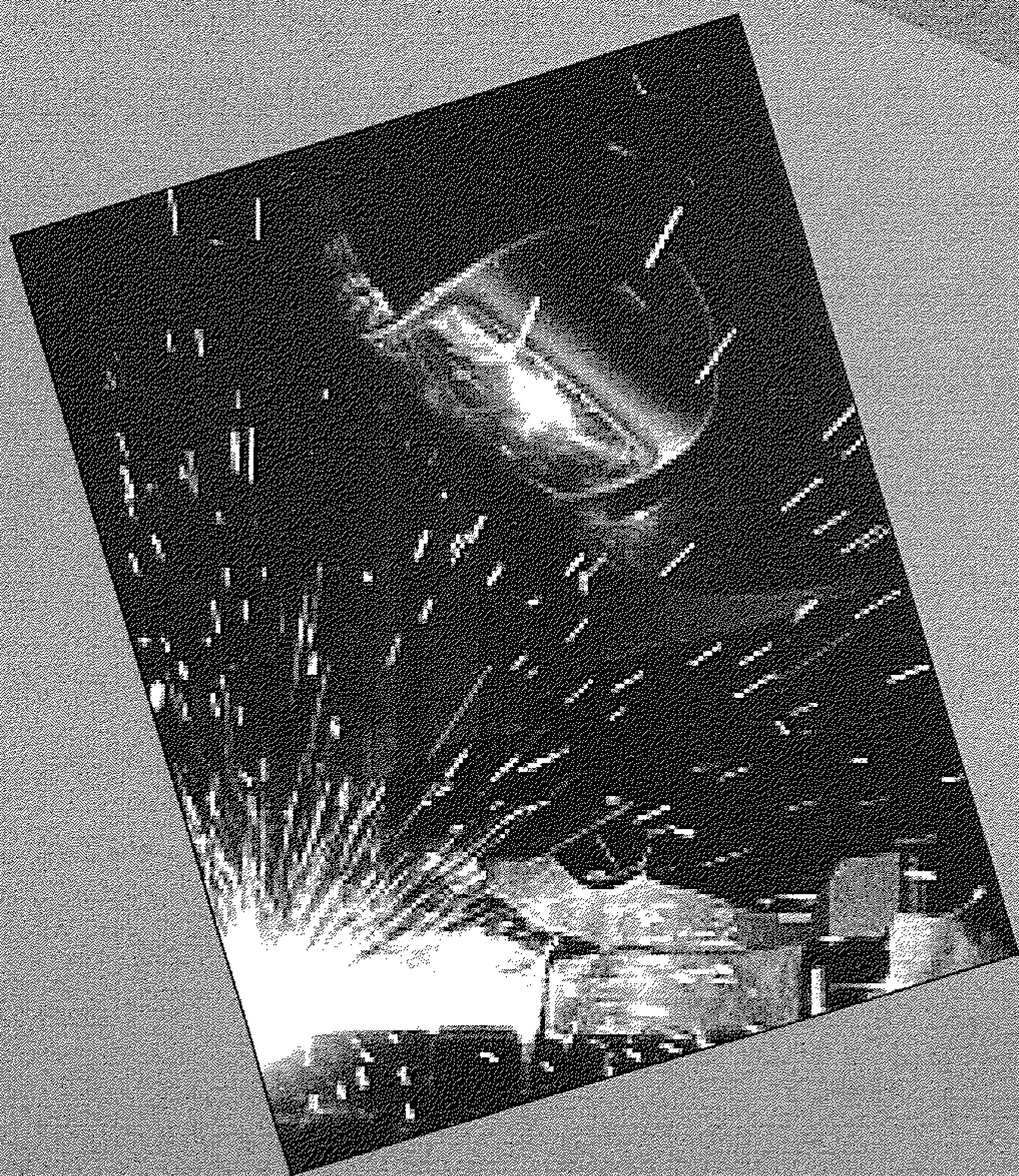


الشكل رقم (14- 14): a- عملية شد دوار لعمود مرفقي b- مجموعة قاطع مشد دوار

الفصل الخامس عشر

المناشير وعمليات النشر

Saws and Sawing



15

الفصل الخامس عشر

المناشير وعمليات النشر

Saws and Sawing

1.15 المقدمة (Introduction) .

فيما مضى كانت عمليات النشر (*Sawing*) تعتبر عملية ثانوية والمناشير كانت تستخدم في الأغلب لقطع قضبان الخام للتحضير لعمليات التشغيل الأخرى. في السنوات اللاحقة، قاد تطور أنواع جديدة للمناشير ومواد شفرة أفضل إلى جعل نشر المعدن عملية فعالة بشكل كبير، متعددة الجوانب، وإقتصادية. في العديد من الحالات تستخدم المناشير الشريطية (*Band Saws*) الآن كوسائل أولية لتشكيل أنواع معينة من الأجزاء المعدنية.

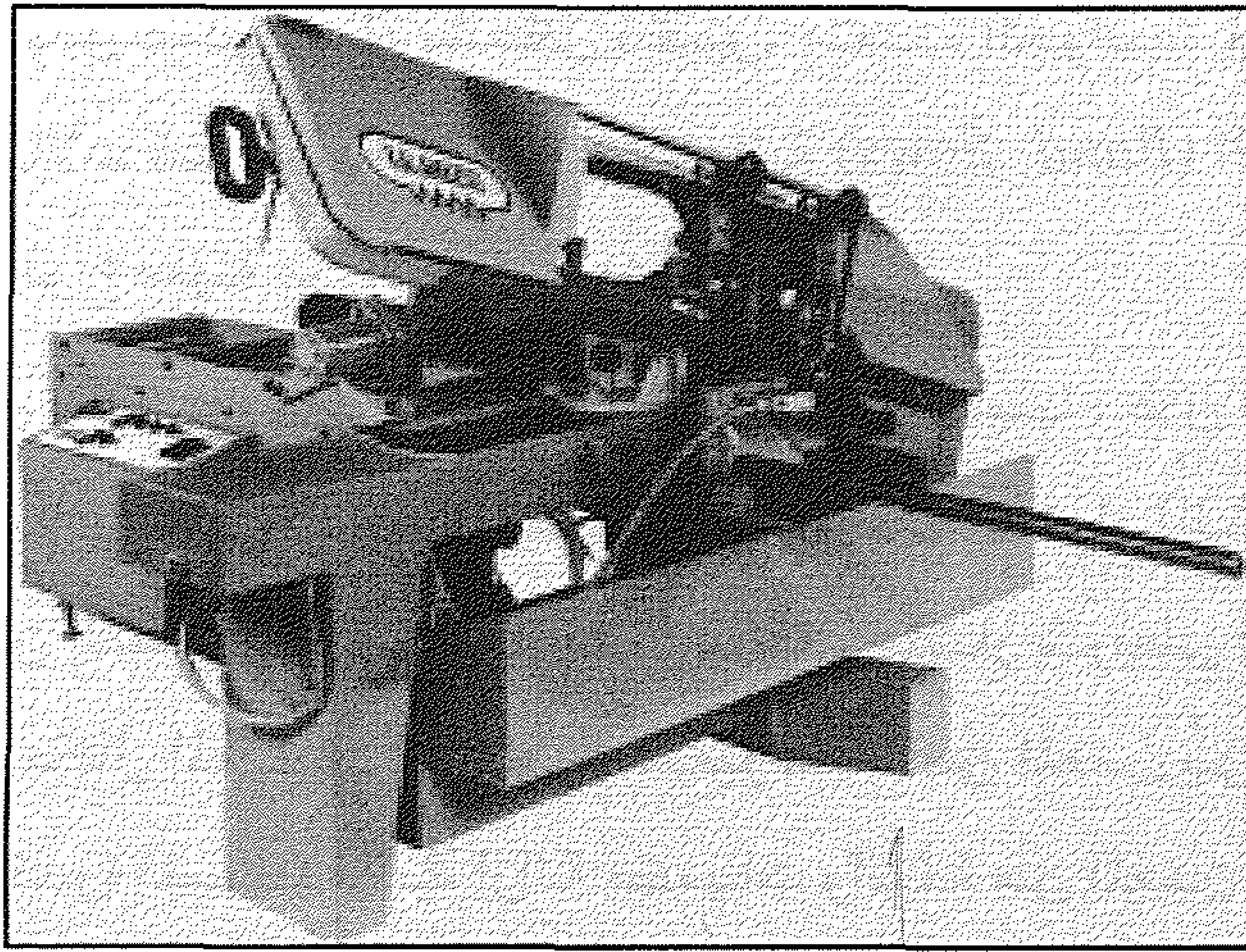
عندما يتم إستخدام ماكنات النشر والشفرات المناسبة، فأن النشر هو أول الوسائل الإقتصادية على الأغلب لقطع المعدن. قَطع المنشار (الثلم)، ضيق و الرايش الناتج من القطع قليل نسبياً. عندما يستخدم منشار شريطي لقطع الأجزاء الكنتورية للأشكال المعقدة، فأن جزء صغير فقط من المعدن يُزال في شكل رايش. لذلك، القدرة المستخدمة في إزالة كميات واسعة من المعدن الفائض هي في أقل قيمة.

2.15 النَشر (Sawing) .

النَشر هو عملية قطع شق ضيق داخل الشُغلة بواسطة عُدة تتضمن سلاسل أسنان ضيقة الفراغات تسمى شفرة المنشار (*Saw Blade*) يستخدم النشر بشكل إعتيادي لفصل أجزاء الشُغلة إلى قطعتين أو أكثر أو للقطع النهائي للمقاطع غير المطلوبة. هذه العمليات غالباً تسمى عمليات القطع النهائي (*Cut off Operations*)، وبما أن العديد من مشاريع التصنيع تحتاج عمليات قطع نهائي

عند بعض نقاط سلسلة الإنتاج، لذلك النشر هو عملية إنتاج مهمة. النشر بشكل أساسي هو عملية بسيطة.

حالما تتحرك الشفرة فوق الشُغلة، فأن كل سن يقوم بالقطع. إعتماداً على سمك أو قطر الشُغلة، فأن عدد أسنان القطع عند وقت واحد تتغير من (2- 10) أو أكثر. المناشير يمكن أن تكون قَطع مستمر (شريطي أو دوار) أو نوع ترددي. عملية نشر نموذجية موضحة في الشكل رقم (15- 1). سرعات القطع وصفات المواد يجب أن تكون مفهومة قبل أن يتم إختيار الشفرات المناسبة وشروط التشغيل. المناشير هي صنف من عُدد التشغيل مؤثر وكفوء موجود على الأغلب في كل نوع من ورش التشغيل.



الشكل رقم (15- 1): عملية نشر نموذجية

3.15 شفرات المنشار (Saw Blades) .

جميع شفرات المناشير تمتلك صفات عامة معينة ومصطلحات فنية. بعض هذه المصطلحات موضحة في الشكل رقم (15- 2)، والأخرى موضحة أدناه :

1. زوايا الجرف (Rack Angles).

زوايا الجرف تكون (0°) أو جرف متعادل على أغلب شفرات المنشار. البعض يمتلك زاوية جرف موجبة كما موضح في الشكل رقم (15-2-a).

2. العُرض (Width).

عرض شفرة المنشار هو عرضه الكلي متضمناً الأسنان.

3. الوضع (Set).

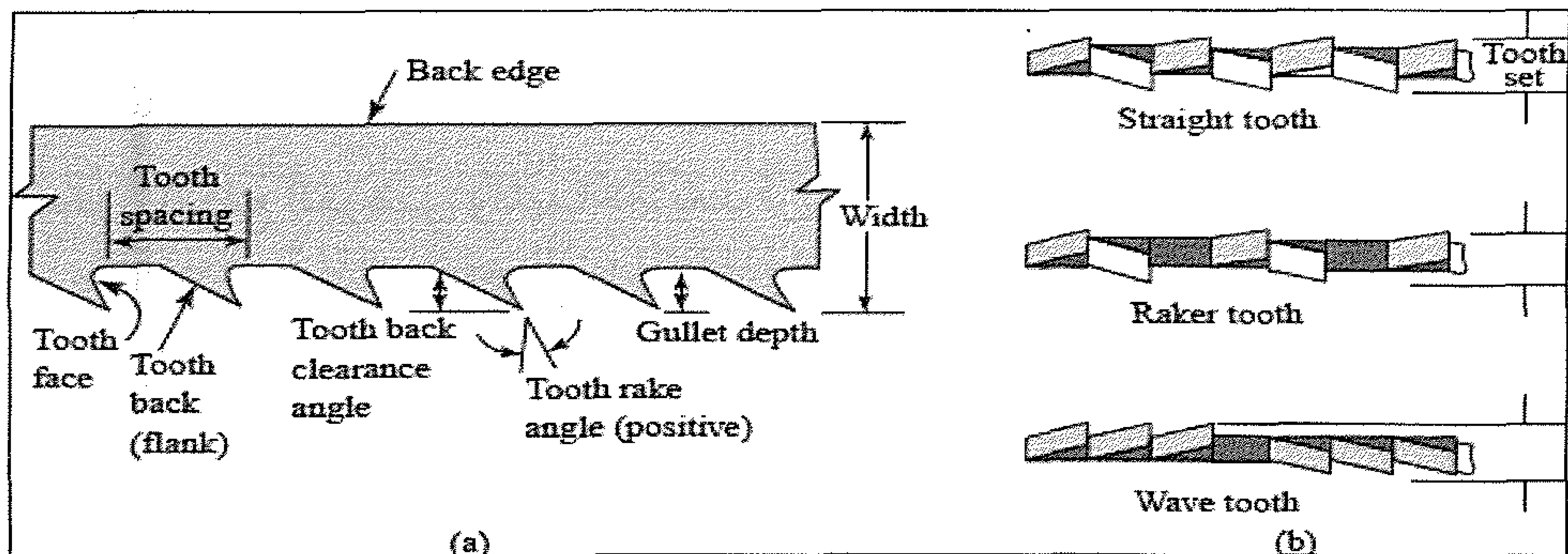
وضع شفرة المنشار معناه التفرع لبعض الأسنان بحيث أن مؤخرة الشفرة تصفي (*Clears*) القطع. الوضع العميق المفلج (*Set Raker*) هو الأكثر إستخداماً ويزود مع كل المناشير المتوالية أو مناشير المعادن (*Hack Saws*) والمناشير الشريطية مالم تكن هنالك طريقة أخرى ثابتة أو موصى بها.

4. قطع المنشار أو الثلم (Kerf).

القَطع هو عرض القطع المصنوع بواسطة شفرة المنشار أو المادة المقطوعة بعيداً. سمك الشفرة يدعى المعيار (*Gage*).

5. الخطوة (Pitch).

خطوة شفرة المنشار هي المسافة بين قمم سنين متجاورين. وهي ثابتة في الأسنان لكل إنج.



الشكل رقم (15- 2): صفات ومصطلحات شفرة المنشار

1.3.15 مادة شفرة المنشار (Saw Blade Material) .

تصنع شفرات المنشار من مواد متنوعة كما موضح أدناه :

1. الفولاذ الكاربوني (Carbon Steel).

الفائدة العامة من أجل دفعة صغيرة (*Small Lot*)، سرعة عمل منخفضة. وممكن أن تمتلك ظهر أو خلفية صلدة (*Hard Back*) من أجل بلى أقوى.

2. فولاذ السرعات العالية (High Speed Steel).

وكلفها أكبر من الفولاذ الكاربوني بمقدار مرتين إلى ثلاث مرات لكنها أطول بلى وضرورية للمعادن صعبة التشغيل.

3. حافة السرعات العالية (High Speed Edge).

وهي شفرة فولاذ كاربوني، والتي تمتلك شريحة ضيقة مع أسنان (*HSS*) ملحومة عليها شفرة متينة، متوسطة السعر، وواسعة الإستخدام لمعظم المواد.

4. الشفرات المُلقمة بكاربيد التنكستن (Tungsten Carbide Tipped Blades).

وهي متوفرة في أحجام قليلة، وتستخدم فقط على ماكنات النشر الواسعة والجسيئة جداً من أجل النشر عالي الإنتاج للمواد الصعبة.

2.3.15 إختيار شفرة المنشار (Saw Blade Selection) .

عملية إختيار شفرة المنشار الشريطي الأفضل لعمل خاص يجب أن تبدأ مع تقييم المادة المراد قطعها. ويجب أن يؤخذ بنظر الإعتبار الصلادة، قابلية التشغيل، شكل المقطع العرضي والمساحة. بعد أن يتم معرفة المادة المراد قطعها بشكل مناسب، المختار (*Selector*) على الماكنة يمكن أن يستخدم للمساعدة في إختيار الشفرة الملائمة وسرعة القطع، الجداول والمختارات تكون مفيدة، لكن المشغل يجب أن يصنع الإختيار الذي يؤثر في ثلاثة متغيرات موجودة في كل عملية نشر معدل المقطع، عُمر العُدة، والدقة. بشكل عام زيادة أي واحد من المتغيرات بسبب

نقصان واحد أو كلا العاملين الآخرين، على سبيل المثال، زيادة معدل القطع دائماً يخفض عُمر العُدة وربما يؤثر في الدقة.

3.3.15 لحام شفرة المنشار (Saw Blade Welding).

عملياً كل المناشير الشريطية لقطع المعادن العمودية تمتلك توصيلة من أجل الشفرات الملحومة تناكبياً بواسطة الكهرباء. توضع التوصيلة (*Attachment*) عادة على عمود الماكنة عند يسار المشغل وتضم قاطع الشفرة، حجر تجليخ صغير، وماكنة لحام تناكبي. توصيلة لحام الشفرة يمكن أن تستخدم لصنع شرائط المنشار من خام شفرة المنشار الغير مشغل أو للحام الشرائط التي تقطع وتحشر داخل ثقب في الشُغلة التي يراد نشرها بشكل داخلي. إن أهمية صنع ملحومات جيدة في شفرات المنشار لا يمكن أن يكون شديد التأكيد. الكسر ينتج بواسطة اللحام الفقير، إنهاء الربط غير المناسب، أو المعاملة الحرارية غير المناسبة وهو يستهلك الوقت والخطر يكون محتمل.

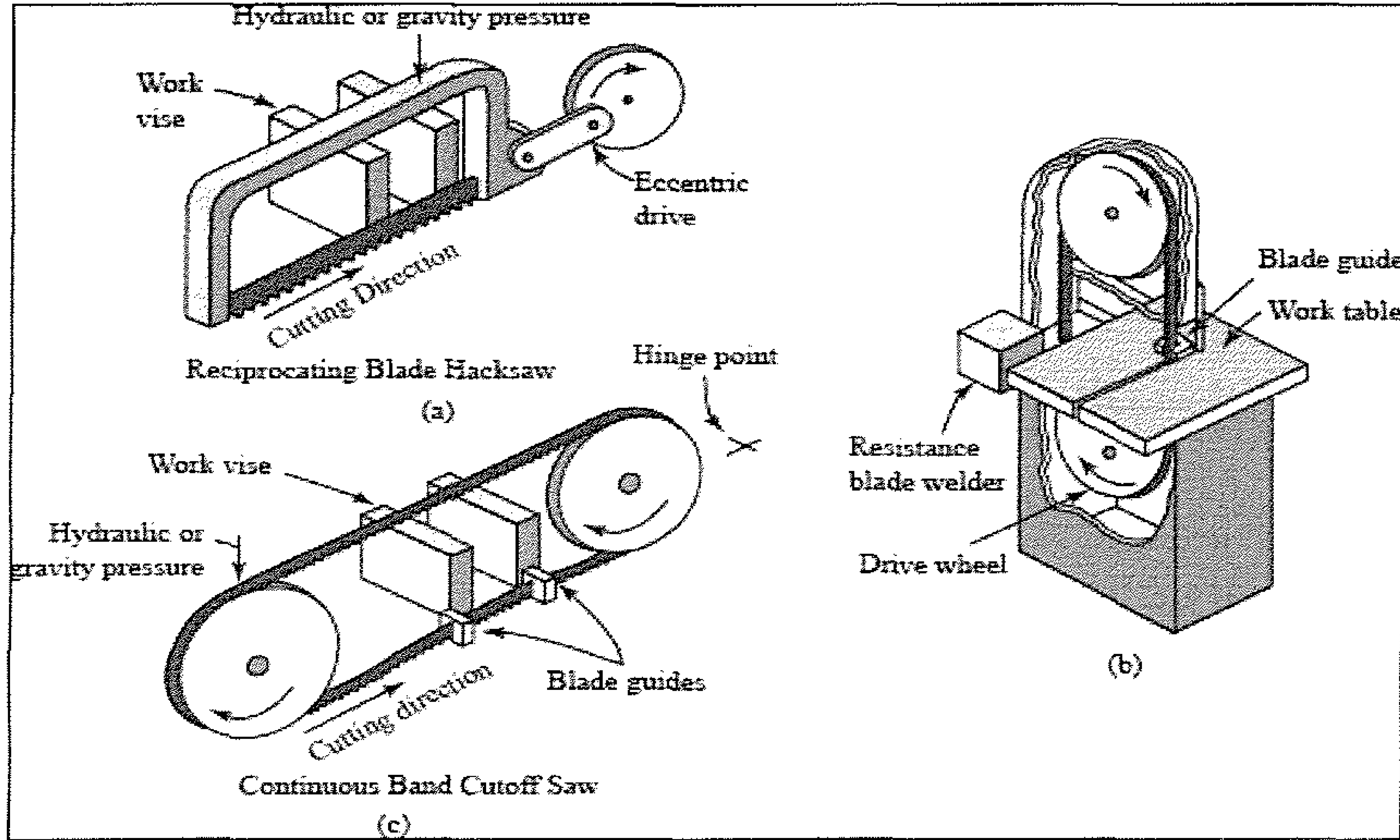
1.3.3.15 اللحام التناكبي (Butt Welder).

اللحام التناكبي نوع المقاومة وجد على الأغلب على كل المناشير الشريطية العمودية والمُشَغَل بواسطة التسبب بجريان تيار كهربائي خلال نهايات شفرة المنشار الشريطي بينما يطبق الضغط. المقاومة العالية حيث الشفرات تلتقي تتسبب في جعل المعدن ساخن لدرجة الإبيضاض بشكل خاطف (*White-Hot*)، و تتصهر نهايات الشفرة. يؤخذ الإحتياط من أجل تلدين الوصلة الملحومة. حالما يضغط المشغل زر التلدين لوقت قصير جداً، يجري التيار خلال كامل الوصلة حتى تسخن الوصلة لدرجة الإحمرار. بعدها يتم تلدين الوصلة حالما تبرد ببطئ.

4.15 معدات النشر (Sawing Equipment).

في معظم عمليات النشر، تكون الشُغلة ثابتة وشفرة المنشار هي التي تتحرك نسبة لها. كما موضح في الشكل رقم (15- 3)، هنالك ثلاثة أنواع

أساسية لعمليات النشر، طبقاً لحركة شفرة المنشار متضمنة: النشر المتوالي، النشر الشريطي العمودي، والنشر الشريطي الأفقي.



الشكل رقم (15- 3): عمليات النشر الثلاثة الأساسية

1.4.15 النشر المتوالي (Hack Sawing).

النشر المتوالي أو القطع الخشن للمعدن يتضمن حركة ترددية خطية للمنشار ضد الشُغلة. تستخدم هذه الطريقة للنشر غالباً لعمليات القطع. يحدث القطع فقط على الشوط الأمامي لشفرة المنشار. نتيجة لفعل القطع المتقطع هذا، النشر المتوالي هو أكثر كفاءة عما هو في طرق النشر الأخرى. النشر المتوالي يمكن أن ينفذ يدوياً أو مع منشار آلي. المنشار الآلي يزود بآلية إدارة لتشغيل شفرات المنشار عند سرعة ومعدل التغذية المطلوبين (الشكل رقم (15-3-a)).

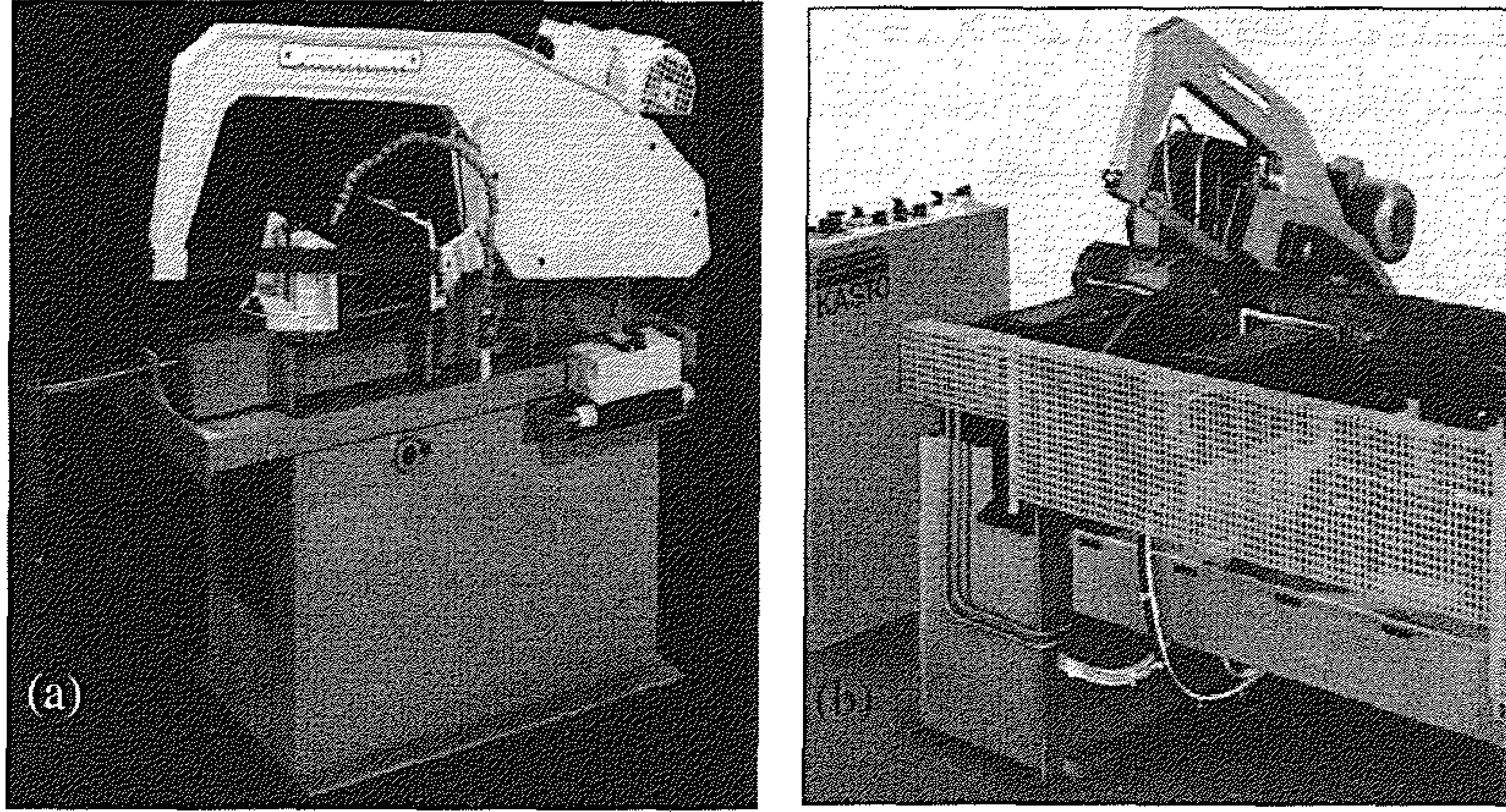
المنشار الآلي المتوالي(*Power Hack Saw*) هو المنشار الأولي والأقل تكلفة للعمل. كما هو موضح في الشكل رقم (15-4-a)، فأن هذه المناشير تعمل بنفس الإسلوب كما موضح في المنشار اليدوي المتوالي: حيث أنها تقطع على الشوط الأمامي بعدها ترفع بشكل طفيف بحيث الشفرة لا تسحب على شوط الرجوع. حجم المنشار الآلي المتوالي هو المقطع العرضي لأوسع قطعة خام التي يستطيع

قطعها. الأحجام النموذجية هي ("6×"6) إلى ("24×"24). المحركات المستخدمة تتوزع من (1hp - 10hp).

سرعة هذه المناشير هي في الأشواط لكل دقيقة، وهي يمكن أن تكون من 30 شوط لكل دقيقة للقطوعات الواسعة مع المناشير الثقيلة على المواد الصعبة، فوق 165 شوط لكل دقيقة على أنواع الفولاذ الكاربوني والمواد اللامعدنية. المنشار المتوالي (المتقطع) يمتلك عادة أربع إلى ست سرعات مختلفة متوفرة فيه.

التغذية يمكن أن تكون تقدم موجب لكل شوط أو ربما تكون معيرة بواسطة الإحتكاك أو إدارة ضغط. تغذية المناشير المتوالية الآلية الأصغر تكون حوالي ("0.006) لكل شوط والأوسع ("0.012 - "0.03) لكل شوط. ضغط التغذية سوف يكون(450Ib - 750 Ib) على الشفرات. تمسك الشُغلة في ملزمة مبنية، التي يمكن أن تكون تعمل يدوياً أو آلياً.

مناشير متوالية آلية ذاتية الحركة (الشكل رقم (15-4-b)) سوف تغذي الخام لإعادة وضع الطول، ربط الملزمة، القطع ورفع المنشار للقطع التالي، كلها مع مفاتيح معايرة وتحديد. هذا الشيء سوف يعطي قطع لأطوال دقيقة لحد ("0.01) أو أقل. هذه المناشير باهظة لذلك فأنها تستخدم فقط إذا كان هنالك كمية واسعة من العمل يُراد تنفيذها.



الشكل رقم (15- 4): a- منشار متوالي آلي b- منشار متوالي آلي ذاتي الحركة يستخدم الإنتاج العالي

2.4.15 النشر الشريطي (Band Sawing) .

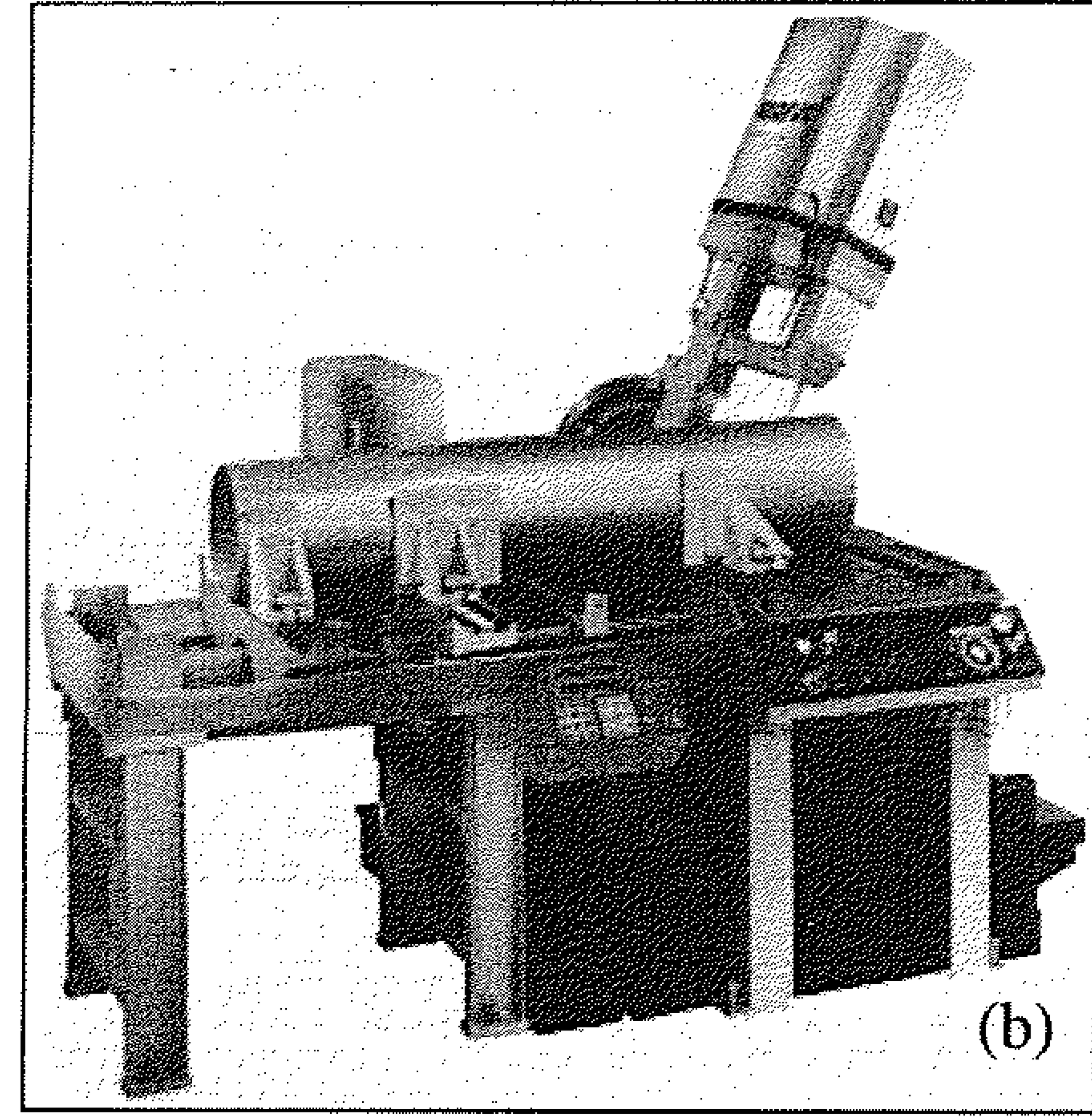
يتضمن النشر الشريطي حركة مستمرة خطية، مستخدمة شفرة منشار شريطي مصنوعة في حلقة عديمة النهاية. يزود المنشار الشريطي ببكرة شبيهة بآلية الإدارة للحركة المستمرة وتوجه شفرة المنشار الشريطي فوق الشُغلة. المناشير الشريطية تصنف كعمودية أو أفقية. هذا التقسيم يشير إلى إتجاه حركة شفرة المنشار أثناء القطع. المناشير الشريطية العمودية تستخدم للقطع النهائي وبقية العمليات مثل المجاري والأشكال الكنتورية. المناشير الشريطية الأفقية عادة تستخدم لعمليات القطع النهائي كبديل للمناشير المتوالية الآلية (الشكل رقم b-(15-3) و(الشكل رقم (15-3-c)).

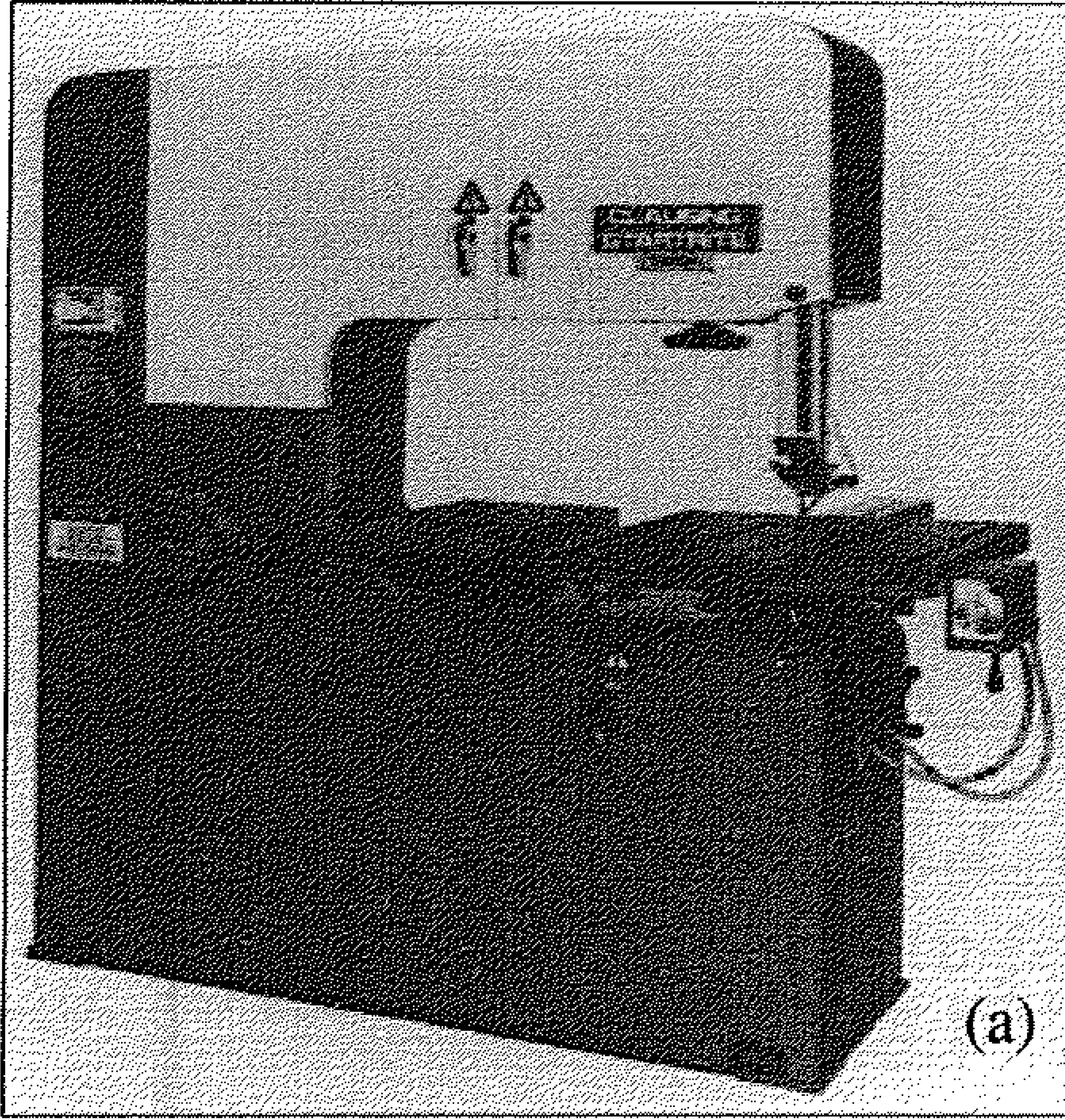
1.2.4.15 المناشير الشريطية العمودية (Vertical Band Saws) .

جميع المناشير الشريطية العمودية، بغض النظر فيما إذا كانت ماكنات عمل خفيف، متوسط، أو عنيف تصنع لمركبات أساسية معينة. على الرغم من أن هذه الأجزاء الرئيسية للماكنة يمكن أن تصنع بواسطة طرق مختلفة. إعتماداً على المصنع، فأن وظيفتها هي بشكل أساسي نفسها. منشار شريطي عمودي

نموذجي موضح في الشكل رقم (a-5-15). يتوفر المنشار الشريطي العمودي في أحجام وأشكال متنوعة من ماكنات الإنجاز الخفيف المُغذى باليد إلى ماكنات الإنجاز العنيف مع مناضد التغذية الآلية.

ماكنات الإنجاز الخفيف عادة تمتلك قرصين وتُدار من خلال حزام إدارة متغير السرعة، الأحزمة بشكل (*V*) والبكرات المدرجة، أو نوع آخر من الآلية متغيرة السرعة. الشفرات تتوزع من ″3\16 إلى ″5\8 في العُرض والتي يمكن أن تستخدم على ماكنات الإنجاز الخفيف.





الشكل رقم (15- 5): a- منشار شريطي عمودي b- ماكنة منضدة منشار شريطي عمودي ذاتي الحركة ذو إنتاجية عالية

1. أنواع المنضدة (Table Types).

منضدة المنشار الشريطي العمودي لقطع المعدن عادة تصنع من حديد الزهر مع آلية إمالة بحيث يمكن أن تصنع قطوعات زاوية بسيطة أو مركبة. في ماكنات المنضدة الثابتة، المنضدة لا تتحرك مع العمل، لكن يمكن أن تميل بزاوية (°45) لليمين وعشر درجات لليسار على معظم الماكنات. الشُغلة يمكن أن تُغذى وتوجه يدوياً أو آلية التغذية المشغلة بالوزن يمكن أن تستخدم لتجهيز ضغط التغذية. المناشير الشريطية مع المناضد الآلية هي عموماً ماكنات أنجاز عنيف.

يُزَود ضغط التغذية بواسطة آلية تحرك المنضدة، والمشغل يستطيع تغيير معدل التغذية. هنالك عادة طاقة كافية متوفرة لصنع إستخدام مؤثر لشفرات فولاذ السرعات العالية أو كاربيد التنكستن أكثر من شفرات الفولاذ عالي الكاربون على ماكنات الإنجاز الخفيف.

أنظمة التبريد كذلك واسعة الإستخدام على ماكنات المنضدية الآلية، لهذا تسمح بسرعات قطع عالية ومعدلات تغذية أعلى مترافقة مع عُمر شفرة أطول. أنواع عديدة من المثبتات يمكن أن تستخدم على ماكنات المنضدة الآلية، خصوصاً عندما تستخدم للعمليات التكرارية. ماكنة منضدة آلية عالية الإنتاج موضحة في الشكل رقم (15-5-b).

2- المُلحقات (Accessories).

معظم المناشير الشريطية التي لا تمتلك نظام تبريد تمتلك مضخة هواء والتي توجه مباشرة بخار الهواء عند نقطة قطع الشفرة للشُغلة. وهذا الشيء يُزيل الرايش، يدع المشغل يُشاهد الخطوط الأولية للعملية بوضوح، وتزود ببعض التبريد. إذا كانت الماكنة تمتلك نظام تبريد مائع، فأن الخزان والمضخة عادة يوضعان في القاعدة ويسيطر مفتاح منفصل على المضخة. توجد أنظمة التبريد عادة في المناشير الشريطية متوسطة وعنيفة الإنجاز. توصيلات لحام الشفرة ، والتي هي شكل خاص لماكنات اللحام التناكبي الكهربائي هي ملحق قياسي على الأغلب على كل المناشير الشريطية.

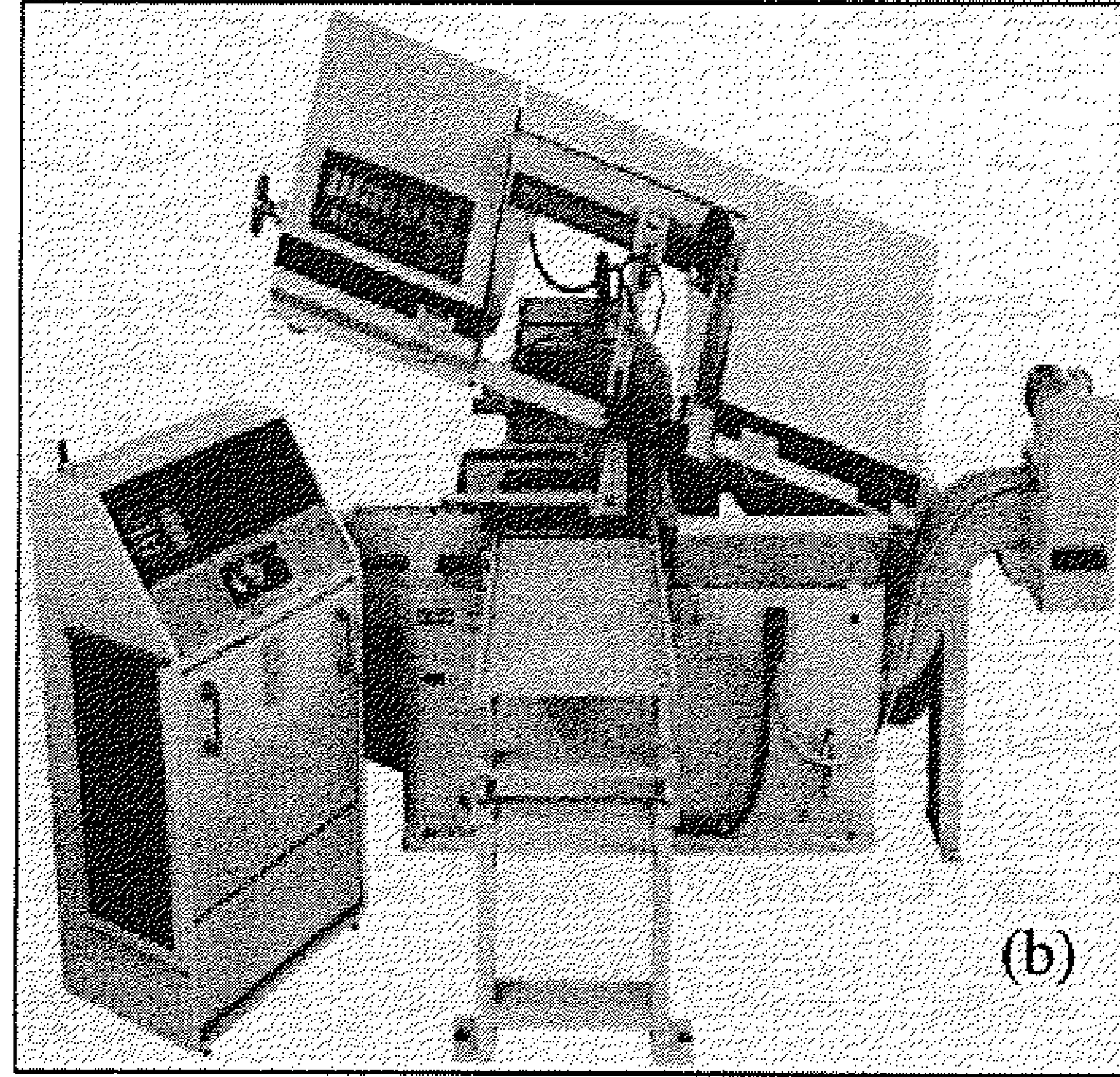
لاحم الشفرة عادة يضم قامطات شفرة نحاس مسبوك أو برونز، مُجلخ، جهاز قياس سمك المنشار، والمفاتيح الضرورية، وعتلات التشغيل. يمكن أن يستخدم المُشغل الوزني لأجهزة التغذية على المناشير الشريطية، ولا يُوافَق مع توصيلات التغذية الآلية. وهذا يختزل كلال المشغل، وعموماً يتسبب في معدلات تغذية منتظمة أكثر وعُمر شفرة أطول. التوصيلات الأخرى مثل المثبتات لقطع الأقواس، الدوائر، حواجز الشق، وصلات الشطب تستخدم بشكل واسع على

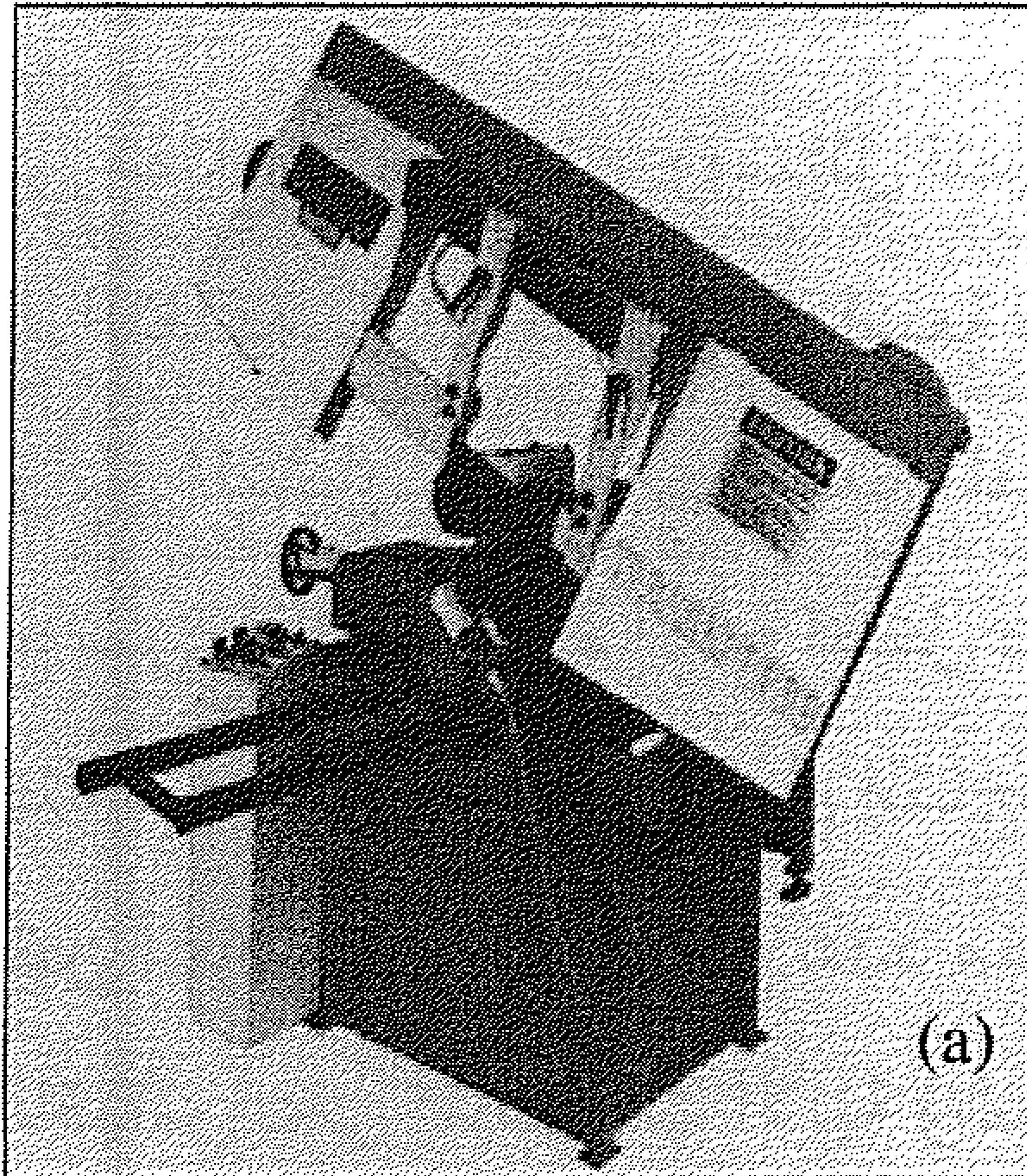
المناشير الشريطية. مثبتات خاصة لمسك أنواع شُغلات مُحددة غالباً تصمم للإستخدام في تطبيقات الإنتاج الكمي.

2.2.4.15 المناشير الشريطية الأفقية (Horizontal Band Saws) .

بسبب إستخدام المناشير الشريطية الأفقية بشكل أولي لقطع الخام قضيبي الشكل والأشكال الهيكلية، لذلك فأنها تسمى كذلك بمناشير القطع النهائي (*Cut off Saws*). مناشير القطع نوع- الشريط تستخدم بشكل واسع نظراً لأنها سهلة التنصيب وتأخذ قطع ضيق لهذا تتطلب قدرة تشغيل أقل وخسارة مادة أقل.

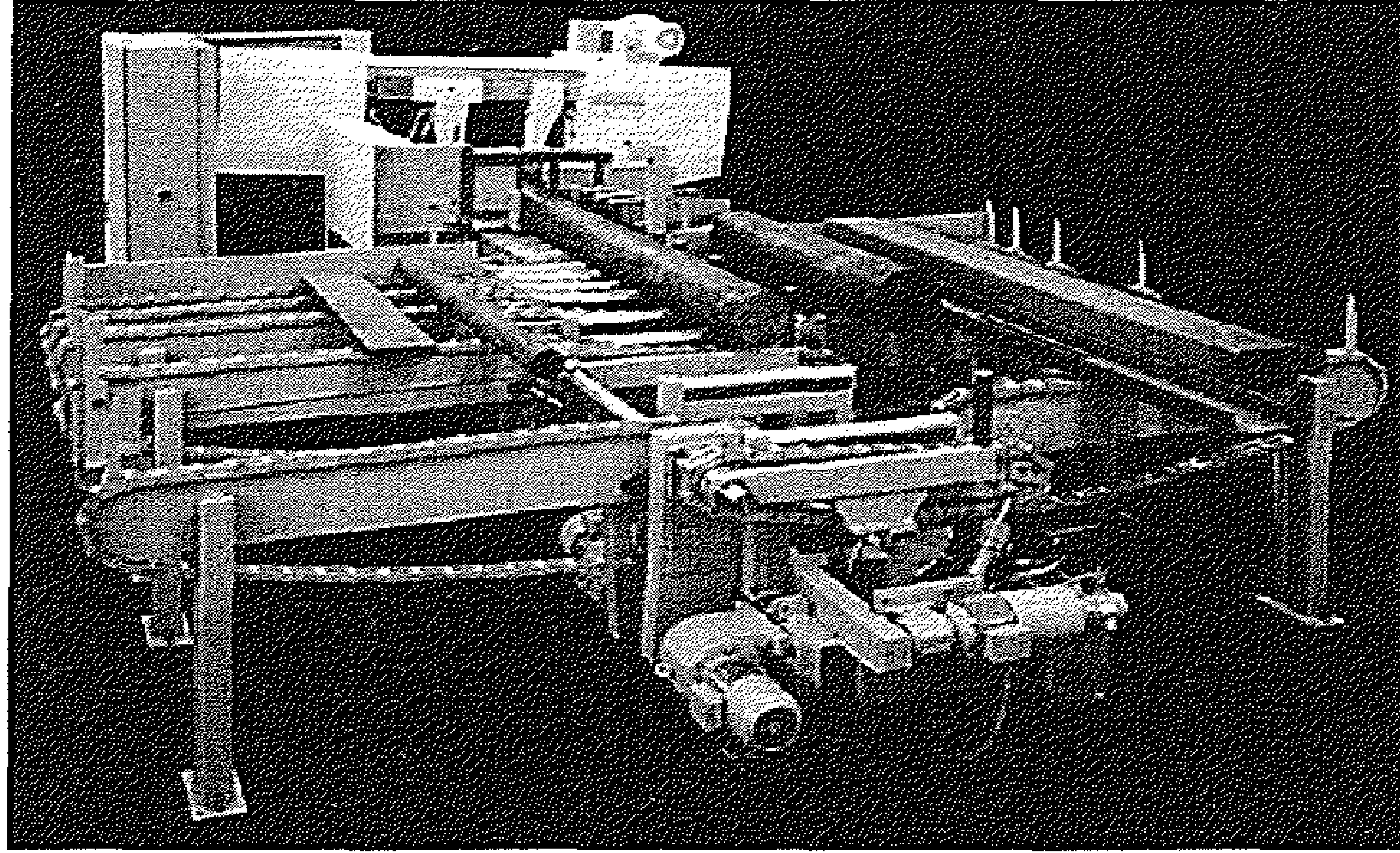
فعل القطع مستمر وسريع. الشفرة تستند بأحكام لأحد جوانب المادة قيد القطع، بحيث يكون القطع دقيق إذا تم تعديل الماكنة بشكل مناسب والشفرة في حالة جيدة. منشار شريطي أفقي نموذجي موضح في الشكل رقم (a-6-15). تتراوح مديات المناشير الشريطية الأفقية في السعة من الصغيرة، الماكنات جزئية القدرة الحصانية (الشكل رقم (a-6-15)) إلى المناشير الواسعة الصناعية عنيفة الإنجاز كما موضح في الشكل رقم (b-6-15).


(b)


(a)

الشكل رقم (15- 6): a- منشار شريطي أفقي نموذجي b- منشار شريطي أفقي

دلائل المنشار (*Saw Guides*) هي عامل مهم في عمليات القطع الدقيقة. تميل شفرة المنشار للإلتواء حالما تترك البكرة السائبة (الوسطية) والدلائل تجعل الشفرة تنتقل عمودياً للمادة قيد القطع. لُقم كاربيد التنكستن تساعد في خفض البلى. الشكل رقم (15- 7) يوضح منشار أكثر تقدماً ذو شفرة أفقية مع نظام تغذية خام آلية المنضدة.



الشكل رقم (15- 7): منشار شريطي أفقي مع نظام تغذية خام آلي المنضدة

1- السيطرات (Controls).

السيطرات تكون بسيطة على المناشير خفيفة الإنجاز، وتضم بشكل رئيسي مفتاح فتح وغلق، ووسائل لتغير سرعة الشفرة، وسيطرة ممكنة من أجل ضغط التغذية. في الماكنات الواسعة تثبت لوحة مفاتيح السيطرة أو التحكم عادة على رأس المنشار. حيث أنها تضم المفاتيح الضرورية، الصمامات، والمعدات التي توضح سرعة الشفرة في الإنج لكل دقيقة، وبقية العوامل مثل شد الشفرة. بعض الماكنات المستخدمة من أجل إنتاج الشُغلة قادرة على التشغيل الآلي بالكامل ويمكن أعادة تنصيبها لقطع عَدد معين من الشُغلات. العداد (*Counter*) هو عادة جزء للقياس على الماكنات الآلية وشبه الآلية.

2- **الملحقات** (Accessories).

هنالك غالباً أنظمة تبريد على كل المناشير الشريطية الأفقية متوسطة وعنيفة الإنجاز. التبريد يوسع عُمر الشفرة وتسمح بسرعات قطع أعلى، ومعدلات إزالة معدن أعلى. المُشغل يسيطر على معدل جريان سائل التبريد. المزيتات الصلبة مثل الشمع أو الشحم يمكن أن تستخدم كذلك. الشمع في شكل قضيب يطبق عادة يدوياً للشفرة لماكنات الإنجاز الخفيف.

3.4.15 مقارنة بين المناشير المتوالية والمناشير الشريطية .

يتأثر القرار الذي يتخذ لشراء أي نوع من مناشير القطع بالزيوت أو الهيئة. على أية حال، هنالك عوامل معرفة والتي يمكن أن تؤخذ بنظر الإعتبار وهي :

1. **الكلفة** (Cost).

المنشار المتوالي (المتقطع) هو أقل كلفة بشكل كبير، وغالباً كلفته نصف كلفة المنشار الشريطي لنفس الحجم والقدرة.

2. **شفرات المنشار** (Saw Blades).

شفرات المنشار المتوالي وبما تُكلف نصف أو ربع كلفة المنشار الشريطي. على أية حال، المنشار المتوالي سوف يصبح مثلوم في نصف إلى ربع عدد القطوعات التي سوف يصنعها المنشار الشريطي. شفرة المنشار المتوالي على الأغلب غير قابلة للكسر وهي إلى حد ما أقل إحتمالية لخلع أسنانها بواسطة البُقع الصلدة في المادة قيد القطع.

3. **قطع المنشار أو الثلم** (Kerf).

شفرة المنشار الشريطي أنحف من شفرة المنشار المتوالي، خصوصاً للأحجام الواسعة. لهذا فأن معدن أقل سوف يضيع في القطع. على أية حال، هذا التوفير في المعدن غالباً يضيع بسبب إن طول (2˝ - 6˝) من الخام المستخدم سوف يكون بشكل طرف غليظ يتم رميه على شكل سكراب.

4. **السرعة** (Speed).

المنشار الشريطي يقطع الخام بشكل أسرع بمرتين من المنشار المتوالي. على أية حال، فإنه يجب أخذ العناية بشكل أكبر ووقت أكثر بالنسبة لتغيير الشفرات، دلائل المنشار المُعدل، وتغذيات التعديل، لهذا فأن المنشار المتقطع العادي يمكن أن يستخدم بواسطة مشغلين أقل خبرة.

5.15 عمليات النشر الشريطي (Band Sawing Operations) .

أنواع العمل الموصوفة هنا محسوبة لمعظم عمليات النشر الشريطي المستخدمة في صنع المعدن.

1.5.15 نشر القطع (Cut-off-Sawing) .

على الرغم من إن نشر القطع يمكن أن ينفذ على أي نوع من المناشير العمودية أو الأفقية، فأن أعظم نشر القطع ينفذ على الماكنات الأفقية القوية. أجهزة تثبيت الشُغلة متنوعة والمُثبتات يمكن أن تستخدم لمسك الأشكال الإنبوبية، الحديد الزاوي، وأشكال أخرى. إن إختيار الشفرة هو مهم بلغة الإقتصاد والإنهاء على المادة قيد القطع. الشفرة نوع السن الدقيق تستخدم بشكل واسع مع مديات الخطوة الموصى بها من (10) أسنان لكل إنج للمقاطع فوق(″3/8) في السمك إلى (4) أسنان لكل إنج للمادة فوق (″3) في السمك. مراجع المصنعين يجب أن يتم مراجعتها عند القطوعات العنيفة التي تكون قيد المحاولة.

الشفرة ذات السن المخلبي (*Claw Tooth*) تستخدم عند قطع بعض أنواع الفولاذ المتينة بسبب أن السن يخترق سطح الشُغلة بشكل أكثر سهولة. مغذيات الخام تستخدم غالباً على ماكنات القطع مترافقة مع آلية تقسيم تسمح للمشغل بإعادة القطوعات ألياً للأطوال المُعاد إختيارها. تنفذ كل عمليات القطع على الأغلب مع سائل تبريد الذي ينتقل لقَطْع المنشار بواسطة مضخة.

2.5.15 النشر الكنتوري (Contour Sawing) .

النشر الكنتوري الداخلي والخارجي هو أحد أكثر العمليات تعدداً في الجوانب والتي يمكن أن تنفذ مع المنشار الشريطي، ويمكن أن تكون ضمن مدى من قطع الأشكال البسيطة على الماكنة جزئية القدرة الحصانية إلى القطوعات الداخلية المعقدة المصنوعة بواسطة ميلان منضدة الماكنات. إن إختيار الشفرة مهم عند قطع الأشكال الكنتورية المعقدة، خاصة عندما تتضمن أقطار صغيرة أو زوايا صغيرة.

إختيار الشفرة الأعرض التي سوف تسمح بتدوير أنصاف الأقطار المناسبة. بالنسبة للعمل الداخلي فأن التجويف يجب أن يثقب بحيث تستطيع الشفرة المرور خلاله ويُعاد لحامه. لعملية النشر الكنتوري العادية، الثقب يتم ثقبه عمودياً لوجه الشُغلة. عندما يتم صنع زوايا الشكل الداخلي، فأن الثقوب يجب أن تثقب عند الزوايا بحيث تستطيع الشفرة أن تدور والقطع يبدأ في إتجاه آخر.

3.5.15 النشر الإحتكاكي (Friction Sawing) .

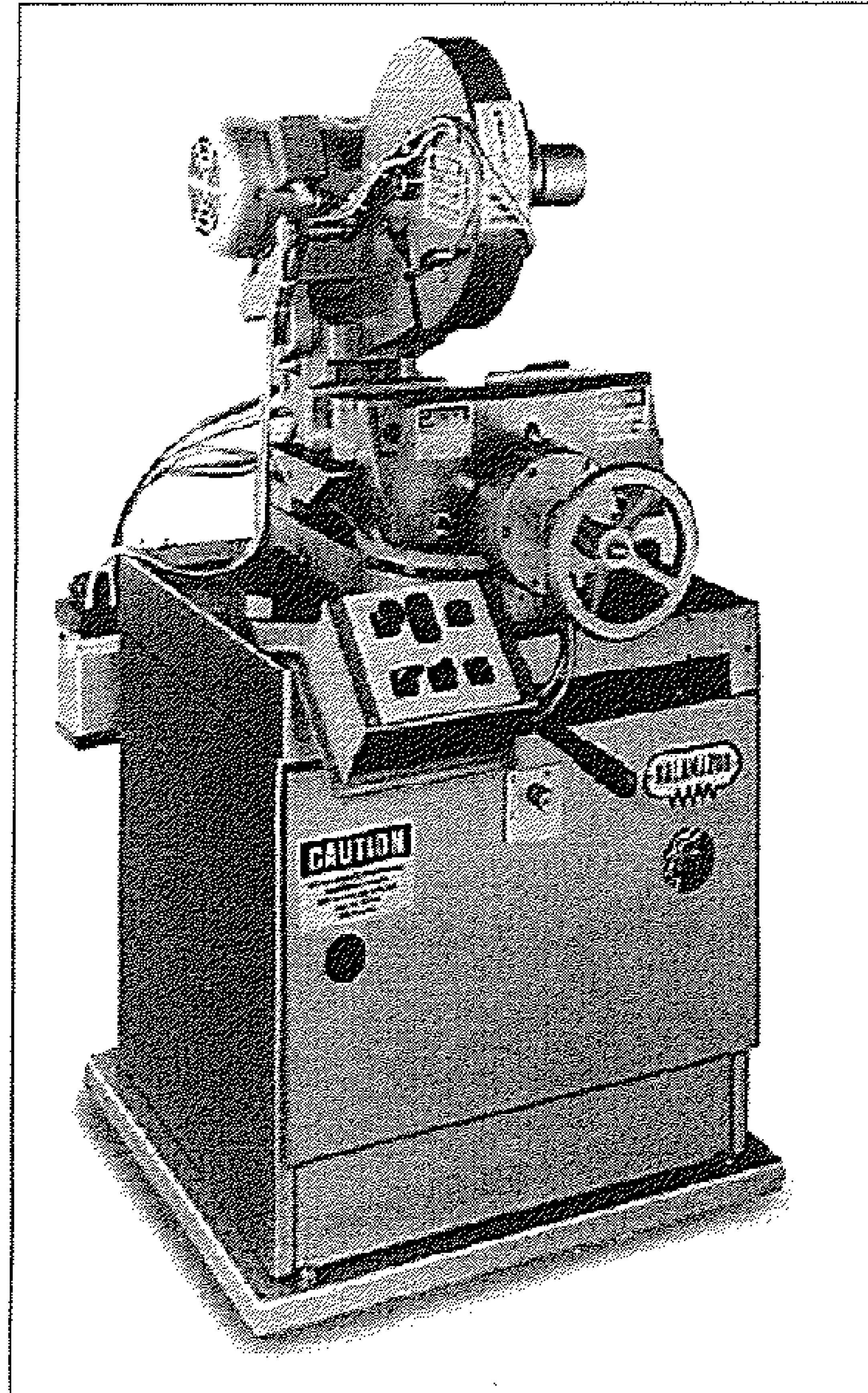
النشر الإحتكاكي هو عملية فريدة، حيث شفرة منشار شريطي مع أسنان كامدة أو غير حادة (*Dull Teeth*) تنتقل عند سرعة عالية جداً (6000*SFPM* -1500) تستخدم لقطع كل من المعادن الحديدية الصلدة واللينة. النشر الإحتكاكي يصنع خصوصاً وبشكل كبير وجيد على المعادن التي تمتلك موصلية حرارية فقيرة بسبب أن المنطقة المتأثرة بالحرارة تبقى صغيرة، وهي أسرع طريقة لقطع المعادن التي سمكها أقل من (1").

حالما تلامس الشفرة الشُغلة، فأن المعدن عند نقطة التماس تصبح ساخنة لدرجة الإبيضاض حالاً ويُحمل بعيداً بواسطة الأسنان. إن الشفرة نفسها تبقى باردة نسبياً بسبب إنها أثناء دورة عملها تبقى في تماس قصير مع المعدن الساخن.

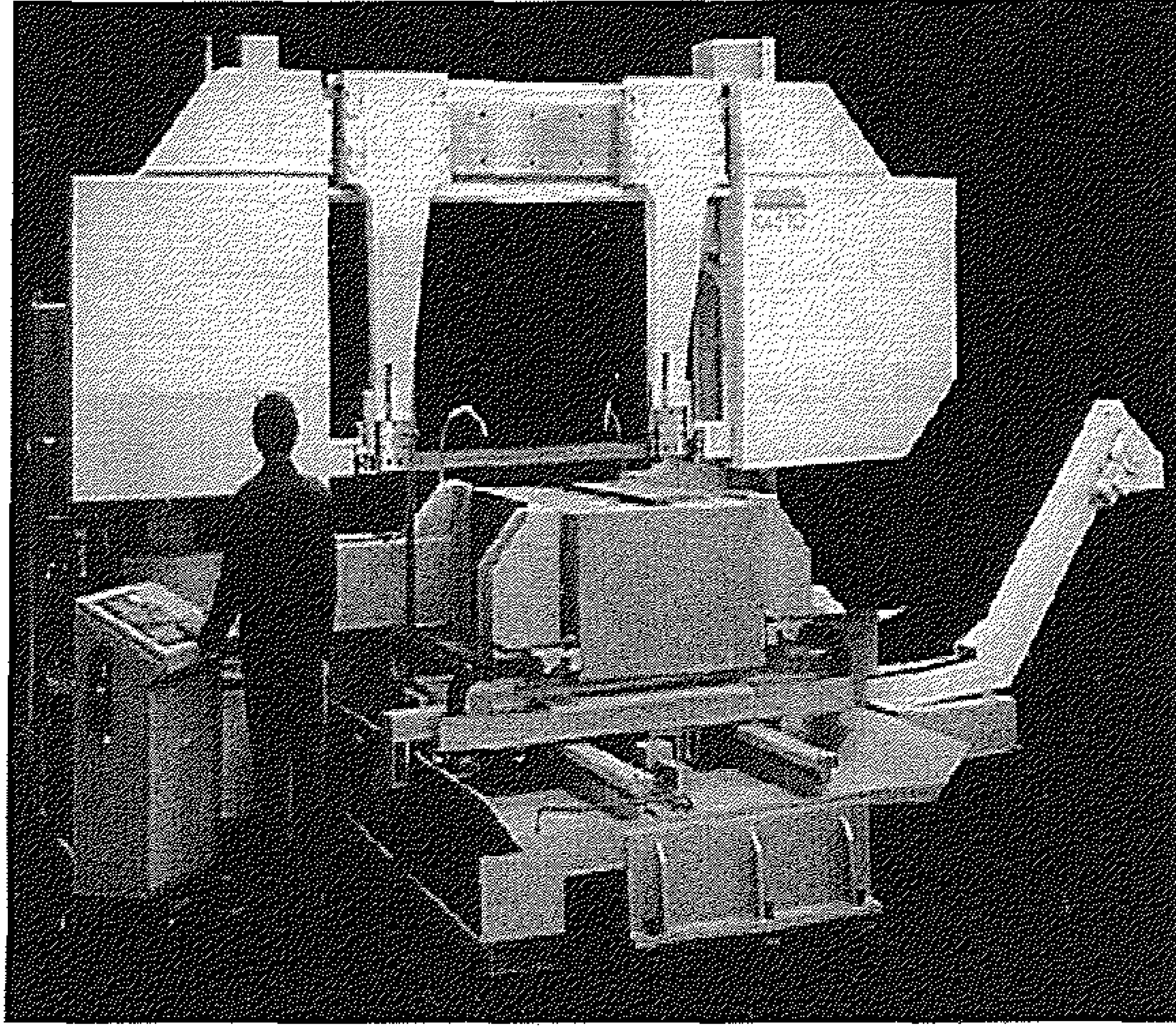
6.15 النشر الدائري (Circular Sawing) .

يستخدم النشر الدائري منشار شريطي دوار ليزود بحركة مستمرة للعُدة المارة فوق الشُغلة. يستخدم النشر الدائري غالباً لقطع الأنابيب والقضبان الطويلة لطول مُحدد. إن فعل القطع مشابه لتفريز المجاري، ما عدا إن شفرة المنشار أنحف وتتضمن أسنان قطع أكثر. ماكنات النشر الدائري تمتلك أعمدة دوران آلية لتدوير شفرة المنشار وآلية تغذية لإدارة الشفرة الدوارة داخل الشُغلة.

الشكل رقم (15- 8) يوضح منشار دائري شبه آلي. لقد تقدمت المناشير الشريطية بالإضافة الى الدائرية لتكون آلية بشكل عالي والعديد من وظائفها مسيطر عليها بالحاسوب كما موضح في الشكل رقم (15- 9).



الشكل رقم (15- 8): منشار دائري شبه ذاتي الحركة



الشكل رقم(15- 9): منشار شريطي ذاتي الحركة مع وظائف مسيطرة عليها بالحاسوب

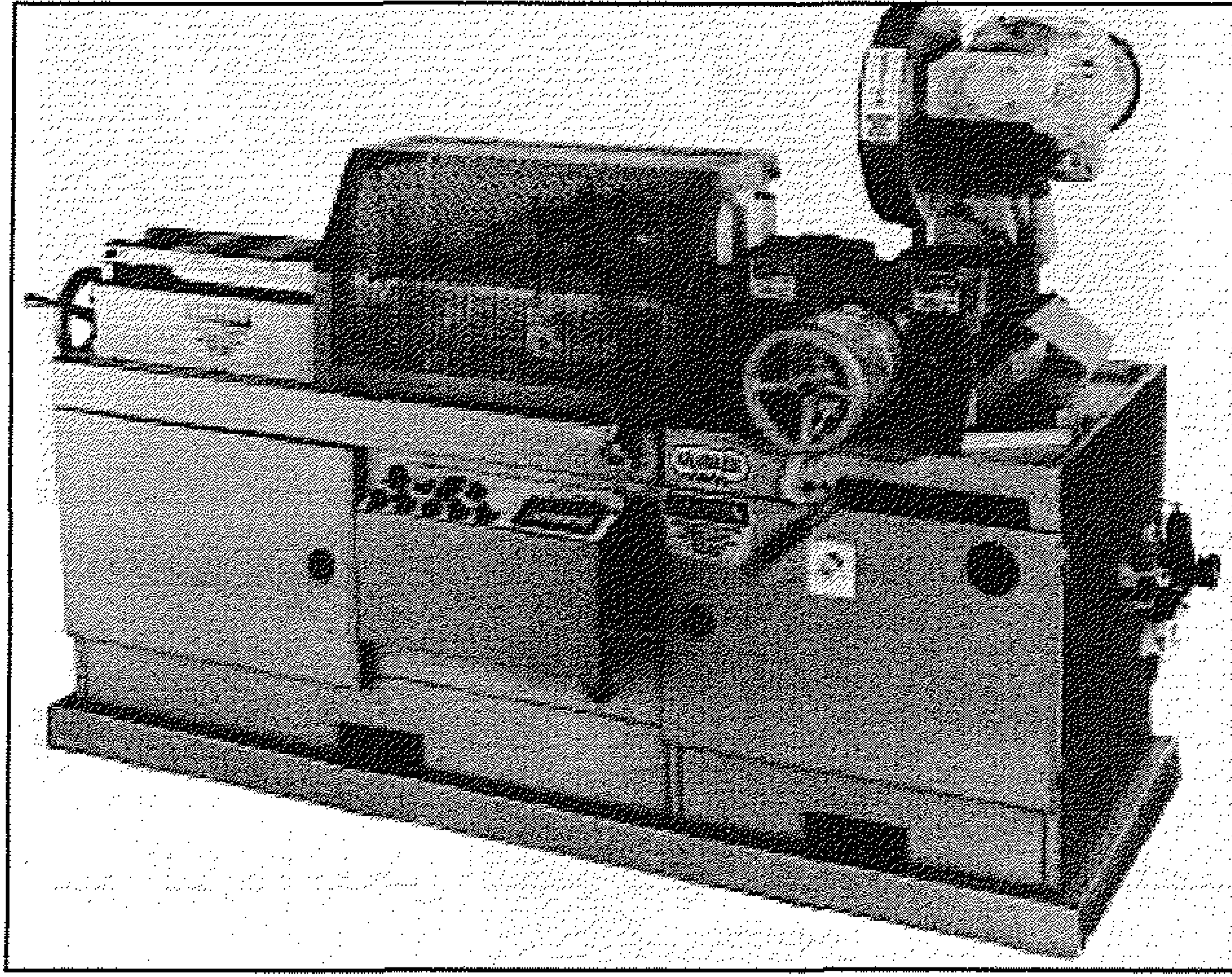
7.15 النشر البارد (Cold Sawing) .

معظم المناشير الباردة بغض النظر عن الحجم تتضمن قاعدة، آلية إدارة، محور دوران الشفرة، ملزمة، آلية التغذية، والمفاتيح والحمايات الضرورية. في بعض المناشير الصغيرة تُغذى الشفرة داخل الشُغلة بواسطة اليد (الشكل رقم (15- 10)).



الشكل رقم (15- 10): منشار بارد نموذجي

في الماكنات الكبيرة تشغل آلية التغذية بالهواء المضغوط أو هيدروليكياً، والمُشغل يسيطر على معدل التغذية (الشكل رقم (15- 11)). قاعدة الماكنة أو الملزمة يمكن أن تدور لصنع القطوعات الزاوية (*Angular Cuts*). في بعض الحالات، يمكن أن تنصب ماكنتان على شُغلة مفردة ساكنة لعمليات الإنتاج .



الشكل رقم (15- 11): منشار بارد صناعي واسع عنيف الانجاز

1.7.15 شفرات المنشار البارد (Cold Saw Blades) .

إن الشفرات الأصغر من قطر (18") تقطع مباشرة في حتار قرص المنشار (*Rim*). من أجل قطع المواد اللينة فأن الأسنان تكون بينها فراغات واسعة كما في حالة شفرات المنشار الشريطي والمنشار المتوالي الآلي، بحيث الإخدود (الفراغ بين الأسنان) سوف يكون واسع بشكل كافي ليتسع لرايش أوسع. عند قطع أنابيب أو مواد أخرى نحيفة، تستخدم شفرات منشار مع أسنان متقاربة بشكل كبير لتجنب الاصطكاك وكسر السن.

يمكن أن تصنع شفرات المنشار البارد مع أسنان تقطع مباشرة على محيط القرص والتي تصنع من الفولاذ عالي الكاربون أو فولاذ السرعات العالية. الشفرات الأوسع عادة تمتلك أسنان متشظية (*Segmented Teeth*). يصنع بدن

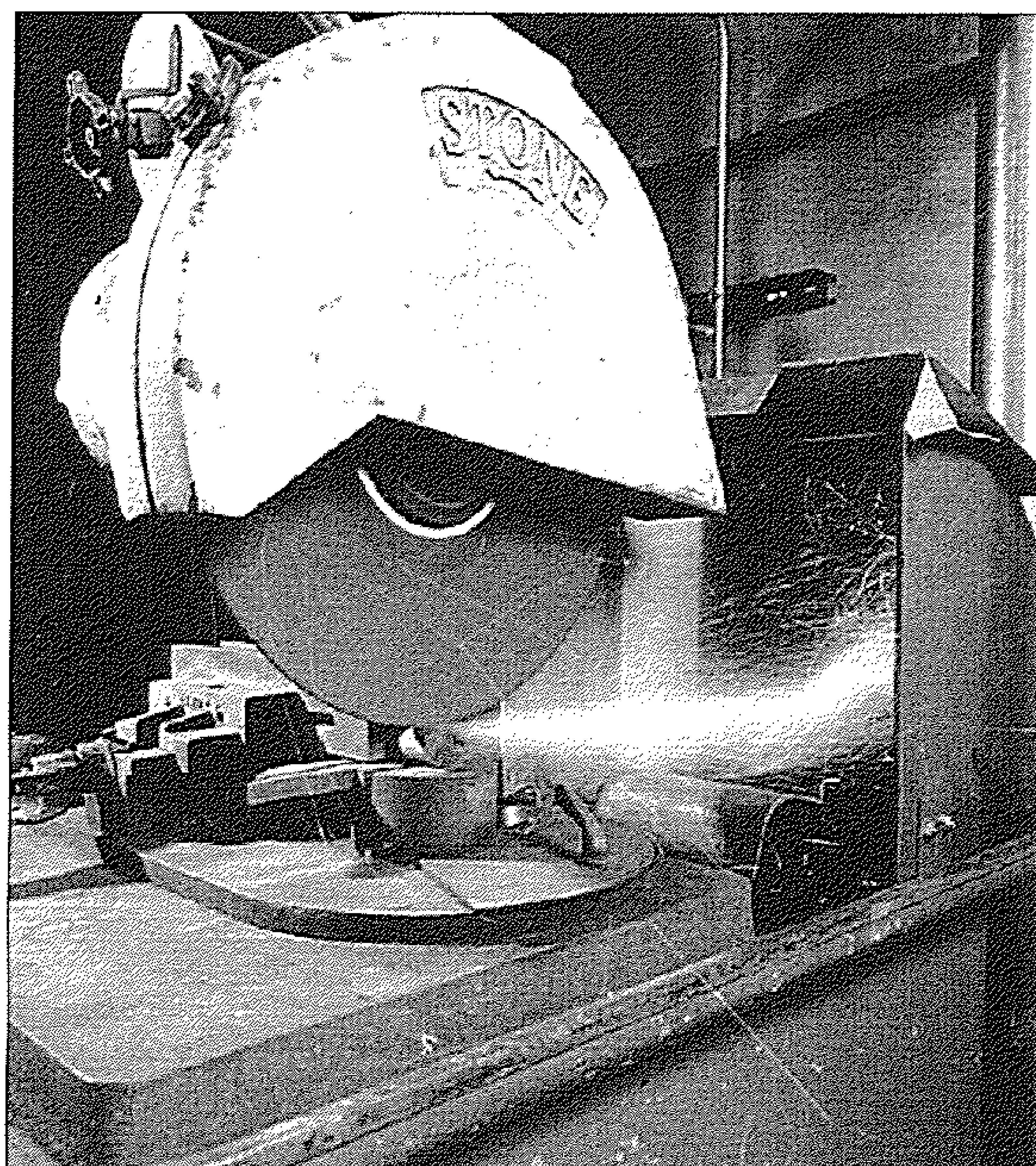
الشفرة من الفولاذ السبائكي المرن والخشن، ولُقم الأسنان تصنع من فولاذ السرعات العالية أو كاربيد التنكستن.

الأسنان المفردة أو شظايا ثلاثة أو أربعة أسنان تثبت بإسفين أو برشام للشفرة ويمكن أن تُستبدل بسهولة إذا تضرر السن أو كُسر. شفرات المنشار البارد الواسعة تستطيع قطع ثلم أعرض من (1/4") ويُزيل المعدن سريعاً.

8.17 ماكنات القطع الحاكة (Abrasive Cut-off Machines).

ماكنات المواد الحاكة تستخدم في ورش عديدة لقطع المواد المعدنية واللامعدنية. وبسبب إن المواد الحاكة المستخدمة كعُدة قطع هي أوكسيد الألمنيوم، فأن الفولاذ المصلد يمكن أن يُقطع بدون أن يُلدن. فعل القطع هنا هو أسرع من ذلك في الأنواع البقية لماكنات القطع. ماكنات القطع الحاكة يمكن أن تكون نوع جاف أو رطب. جريان سائل التبريد، والذي يكون عادة الماء ومقاوم للتآكل الكيميائي لبعض الأنوع يسيطر عليه بواسطة المشغل.

خزان سائل التبريد يكون مفصول أو مبني داخل قاعدة الماكنة. بعض ماكنات القطع الواسعة تمتلك آليات تغذية آلية ومولدات ذبذبة (*Oscillators*). مولد الذبذبة يحرك القرص الحاك للخلف وللأمام في القطع حالما يطبق ضغط التغذية. وهذا يخفض مقدار الشفرة في الإتصال مع الشُغلة عند أي وقت مُحدد وتختزل القدرة الداخلة المطلوبة لقطع خام القضيب الصلد لمساحة مقطع عرضي مُحددة. عملية قطع حاكة موضحة في الشكل رقم (15- 12). عادة تمتلك الأقراص الحاكة عامل ربط راتنجي، على الرغم من أن المطاط يمكن أن يستخدم في الأحجام الأصغر. في بعض الأحيان تطمر الألياف الزجاجية في القرص لزيادة مقاومته (تسليح القرص). تعمل الأقراص الحاكة بكفاءة عند سرعات سطحية مقدارها (12000 - 15000 *SFPM*).

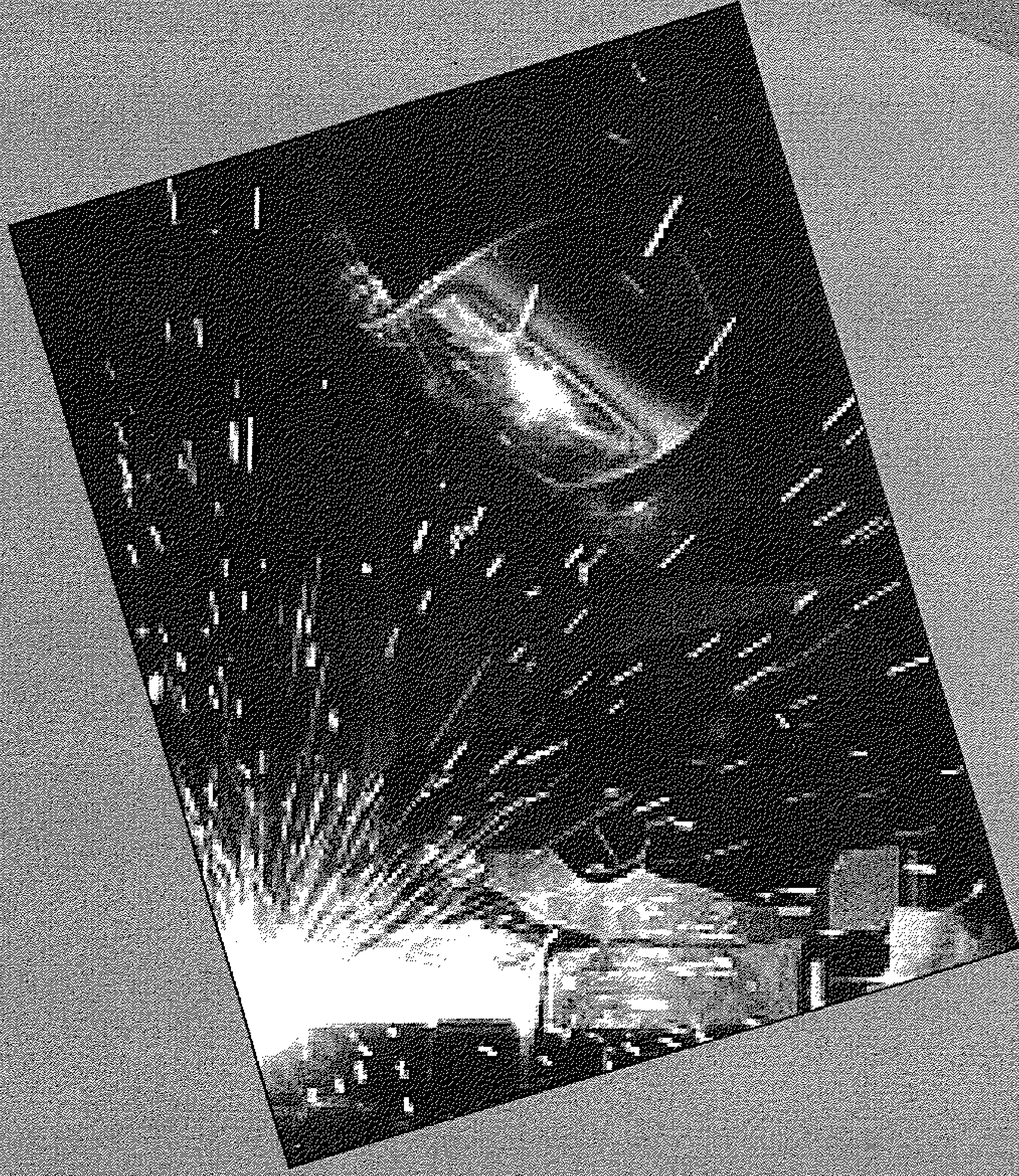


الشكل رقم (15- 12): عملية قطع حاك

الفصل السادس عشر

أحجار وعمليات التجليخ

Grinding Wheels and Operations



16

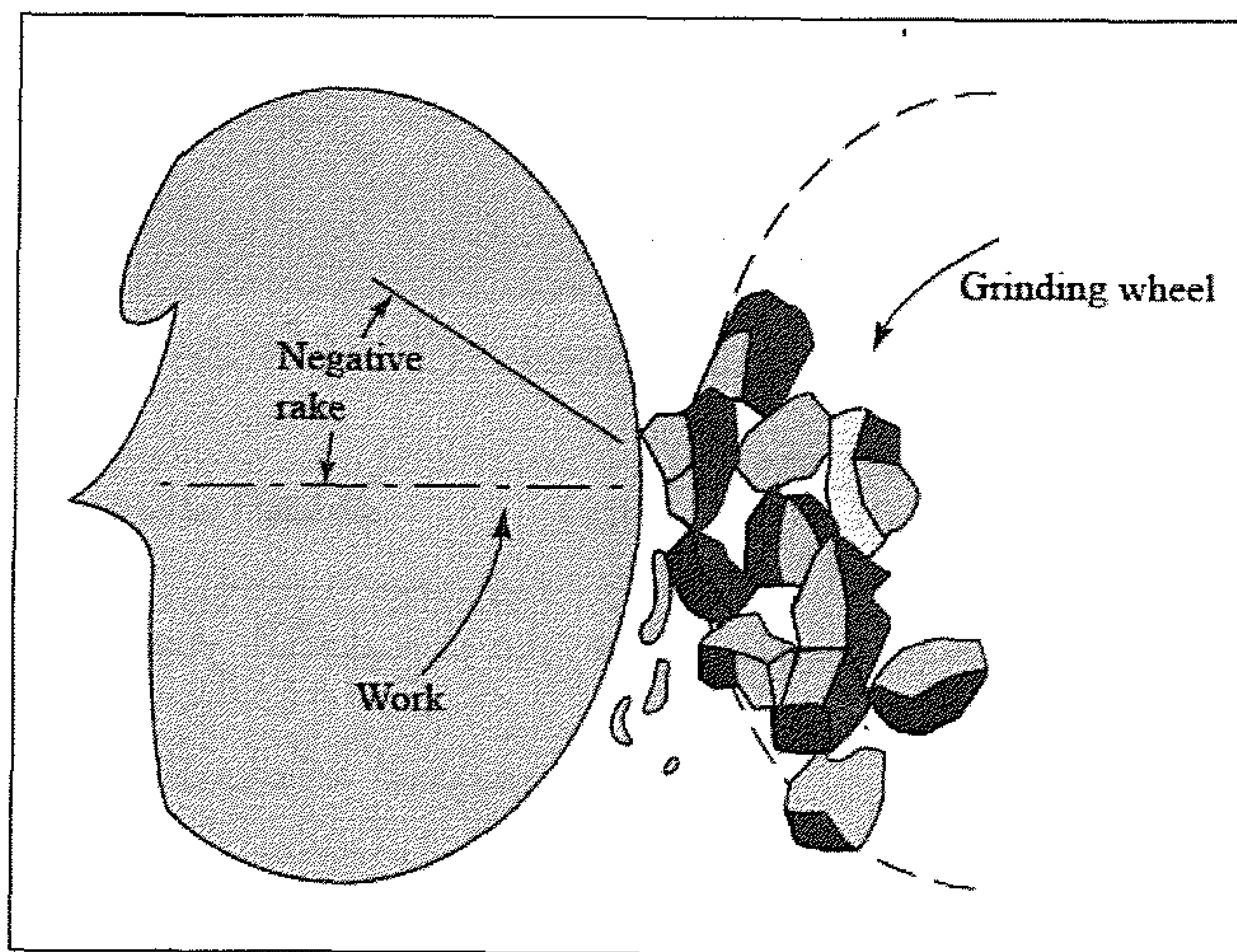
الفصل السادس عشر

أحجار وعمليات التجليخ

Grinding Wheels and Operations

1.16 المقدمة . (Introduction)

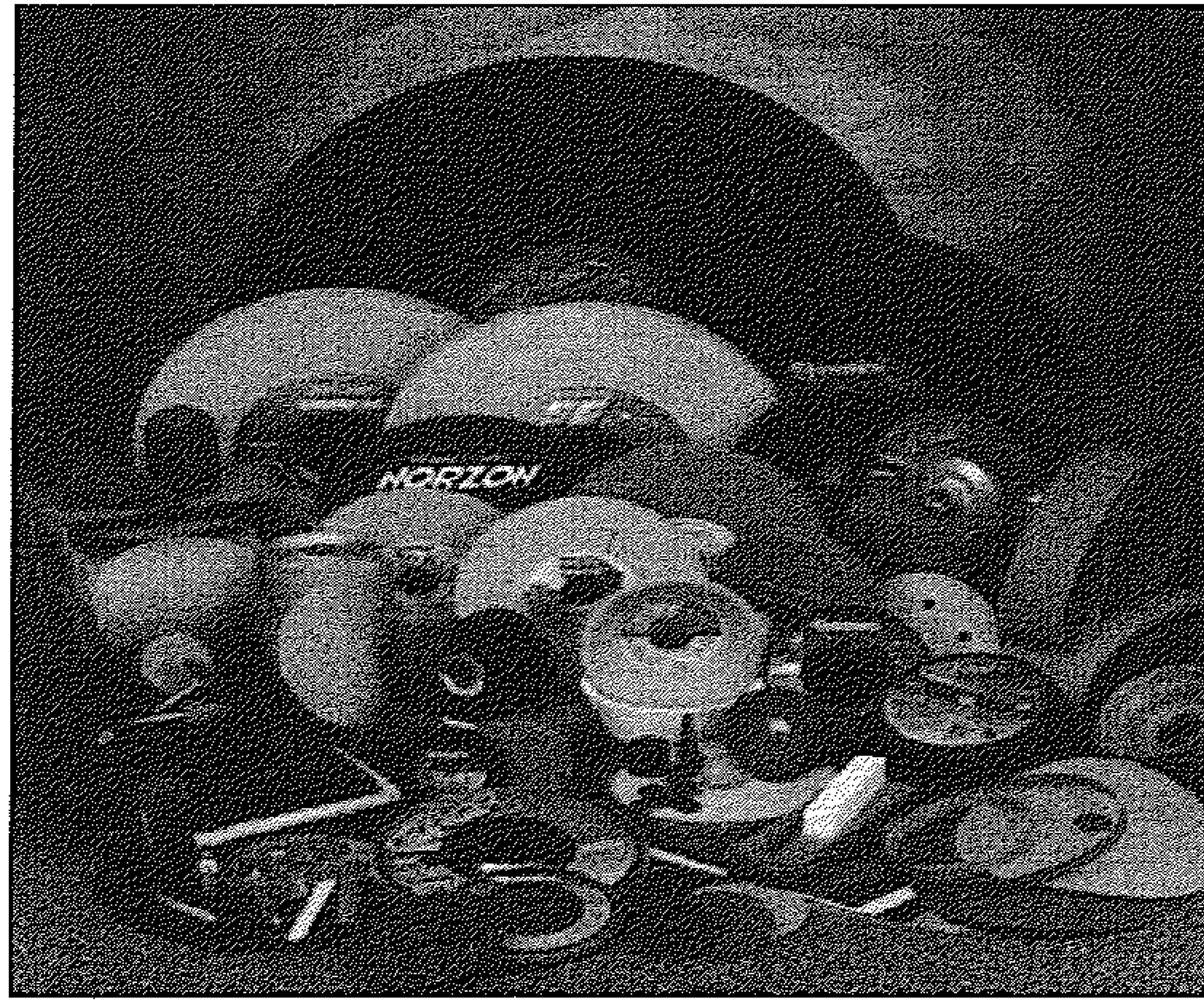
التجليخ أو التشغيل الإحتكاكي هو عملية إزالة المعدن بشكل دقائق رايش صغيرة بواسطة فعل الحبيبات الحاكة غير منتظمة الشكل. هذه الحبيبات يمكن أن تكون في الأحجار المترابطة، الأحزمة المطلية، أو ببساطة تكون سائبة. عادة تَقطع الحبيبات الحاكة مع زاوية جرف مقدارها صفر أو سالبة وتنتج عدد كبير من دقائق الرايش القصيرة، الصغيرة، والمجعدة أو المتموجة. الطريقة التي تقطع بها هذه الحبيبات المادة موضحة في الشكل رقم (16- 1).



الشكل رقم (16- 1): طريقة قطع الحبيبات الحاكة للمادة أثناء التجليخ

2.16 أحجار التجليخ . (Grinding Wheels)

تضم أحجار التجليخ آلاف الدقائق الحاكة الصغيرة الممسوكة سوية بواسطة المادة الرابطة. بعض منتجات التجليخ النموذجية موضحة في الشكل رقم (16- 2). كل حُبيبة حاكة تعتبر حافة قطع. عندما تمر الحُبيبة فوق الشُغلة فأنها تقطع رايش صغير، مخلفة سطحاً ناعماً ودقيق. عندما تصبح الحُبيبة مثلومة أو كليلة فأنها تستبعد من المادة الرابطة بسبب قوى التشغيل وكشف حُبيبات جديدة وحادة.



الشكل رقم (16- 2): منتجات مصنعة تمثل أحجار التجليخ

1.2.16 أنواع الحُبيبات الحاكة . (Types of Abrasives)

يستخدم في أحجار التجليخ نوعان من الحُبيبات الحاكة هي :

1- الحُبيبات الحاكة الطبيعية (Natural Abrasives).

2- الحُبيبات الحاكة المُصنعة (Manufactured Abrasives).

بإستثناء الماس، فأن المواد الحاكة المصنعة حلت بشكل كلي تقريباً محل المواد الحاكة الطبيعية. حتى الماس الطبيعي إستُبدلَ في بعض التطبيقات بالماس الصناعي.

ومن أكثر الحُبيبات الحاكة ذات الإستخدام الشائع في أحجار التجليخ هي :

1- **أوكسيد الألمنيوم** (Aluminum Oxide).

ينتج أوكسيد الألمنيوم من تنقية وتكرير خام البوكسايت في فرن كهربائي. حيث في البداية يُسخن خام البوكسايت لإزالة أي رطوبة، بعد ذلك يخلط مع فحم الكوك والحديد لتكوين شحنة الفرن. يصهر الخليط بعد ذلك ويبرد. يشبه الخليط المنصهر شكل كتلة صخرية. يُغسل، يُسحق ويُغربل لفصل أحجام الحُبيبات المختلفة. تُصنع أحجار أوكسيد الألمنيوم مع حُبيبات حاكة مختلفة في درجات نقاوتها لإعطاءها صفات ثابتة لمختلف عمليات وتطبيقات التجليخ .

يتأثر لون ومتانة الحجر بدرجة النقاوة. أحجار أوكسيد الألمنيوم عامة الأغراض تكون عادة رمادية وبنقاوة (95٪) وهي من أكثر الحُبيبات الحاكة شعبية في الإستخدام، وتستخدم لتجليخ معظم أنواع الفولاذ والسبائك الحديدية الأخرى. أحجار أوكسيد الألمنيوم البيضاء هي تقريباً نقية وقابلة للتفتت بشكل كبير (قابلة للكسر من المادة الرابطة بسهولة)، وتستخدم لتجليخ أنواع الفولاذ ذات المقاومة العالية الحساسة للحرارة .

2- **كاربيد السليكون** (Silicon Carbide).

تُصنع أحجار تجليخ كاربيد السليكون بواسطة خلط الكوارتز الأبيض النقي وكوك البترول وكميات صغيرة من نشارة الخشب والملح، وإشتعال الخليط في فرن كهربائي. هذه العملية تسمى تصنيع الكوك والرمل. وكما هي الحال في تصنيع الحُبيبات الحاكة من أوكسيد الألمنيوم، تُسحق الكتلة البلورية الناتجة وتصنف حسب حجم الدقائق. أحجار كاربيد السليكون أصلد وأكثر هشاشة من أحجار أوكسيد الألمنيوم. هنالك نوعين أساسيين من أحجار التجليخ المصنعة من كاربيد السليكون هي السوداء والخضراء.

الأحجار السوداء (*Black*) تستخدم لتجليخ أنواع حديد الزهر، المعادن اللاحديدية مثل النحاس، البراص، الألمنيوم والمغنيسيوم والمواد اللامعدنية مثل السيراميكيات والأحجار الكريمة. وأحجار كاربيد السليكون الخضراء (*Green*) تكون قابلة للتفتت بشكل كبير عما هو مع الأحجار السوداء وتستخدم لعُدة وقاطع التجليخ للكاربيد المسمنت.

3- نتريد البورون المكعب (Cubic Boron Nitride).

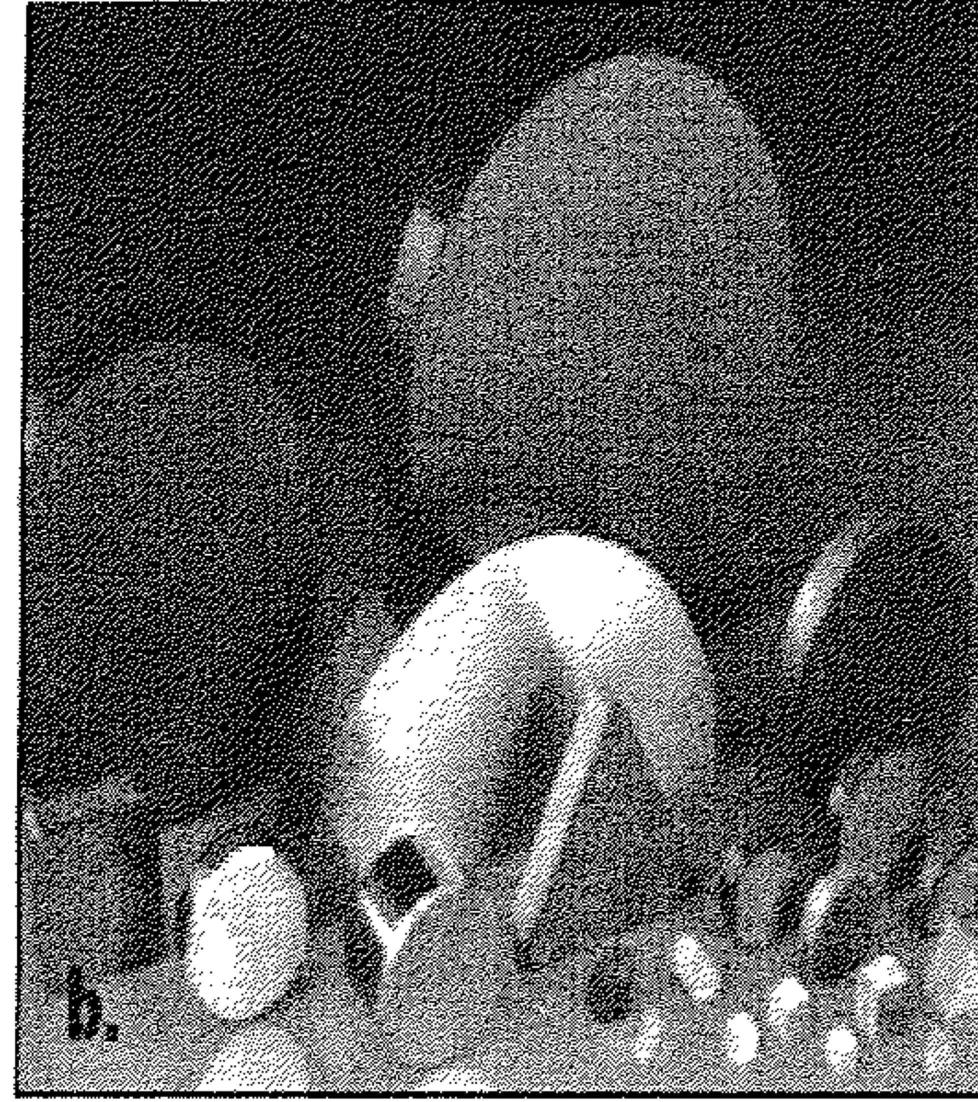
نتريد البورون المكعب (*CBN*) صلد للغاية وحاد ويعتبر حُبيبة حك معتدلة القطع. ويعتبر من أحدث الحُبيبات الحاكة المُصنعة وأصلد من أوكسيد الألمنيوم بمقدار (2.5) مرة، ويستطيع مقاومة درجات الحرارة لأكثر من ($2500\ F^o$). ينتج (*CBN*) بواسطة عمليات ذات درجات حرارة عالية وضغط عالي مشابهة لتلك المستخدمة لإنتاج الماس وهو قريب من صلادة الماس. يستخدم (*CBN*) لتجليخ أنواع فولاذ السرعات العالية خارق الصلادة، أنواع فولاذ العُدد والقوالب، أنواع حديد الزهر المصلدة، وأنواع الفولاذ المقاوم للصدأ.

هنالك نوعين من أحجار نتريد البورون المكعب المستخدمة في الصناعة اليوم، الأول هو المعدن المطلي *Metal* (*Coated*)لتعزيز الربط الإلتصاقي الجيد وتستخدم في أغراض التجليخ العامة. النوع الثاني هو الحُبيبات الحاكة الغير مطلية تستخدم للمعدن المطلي كهربائياً وأنظمة الربط المزججة.

4- الماس (Diamond).

يستخدم نوعان من الماس في إنتاج أحجار التجليخ هما الطبيعي والصناعي. الماس الطبيعي هو شكل متبلور للكاربون وباهض الكلفة. في شكل الأحجار المربوطة، يستخدم الماس الطبيعي لتجليخ المواد الصلدة جداً مثل الكاربيدات المسمنتة، الكرانيت، الرخام، والحجر. إن التطورات الحديثة في إنتاج الماس الصناعي قللت من كلفته ووسعت إستعماله في تطبيقات التجليخ. يستخدم الماس الصناعي الآن لتجليخ أنواع الفولاذ المتينة والصلدة جداً، الكاربيد المسمنت،

وعُدد قطع أوكسيد الألمنيوم. بلورات الماس الصناعي (*Synthetic Diamond*) الموضحة في الشكل رقم (a-3-16) يمكن أن تصنع بأشكال مجوفة للعُدة متعددة البلورات والموضحة في الشكل رقم (b-3-16) أو تكبس بشكل أحجار الماس كما في الشكل رقم (16- 7).





الشكل رقم (16- 3): a- بلورات الماس الصناعي b- نماذج عُدة متعددة البلورات جوفاء (blanks)

2.2.16 أنواع المواد الرابطة (Types of Bonds).

تُمسك الحُبيبات الحاكة سوية في حجر التجليخ بواسطة المادة الرابطة (*Bonding Material*). إن المادة الرابطة لا تقطع أثناء التجليخ، ووظيفتها الأساسية هي مسك الحُبيبات سوية وبدرجات مقاومة مختلفة. والمواد الرابطة القياسية لحجر التجليخ هي :

1- الرابط المزجج (Vitrified Bond).

تستخدم المواد الرابطة المزججة على أكثر من 75٪ من أحجار التجليخ الكُلية. تتضمن الروابط المزججة مواد طينية ناعمة ونقية ومتدفقة والتي سوف تخلط معها المادة الحاكة بشكل جيد. خليط عامل الربط والمادة الحاكة الذي يكون بهيئة قرص يتم تسخينه إلى ($2400\ F^{\circ}$) لصهر المواد. الأحجار المزججة تكون قوية وثابتة، وتحافظ على مقاومتها في درجات الحرارة العالية. وعملياً لا

تتأثر بالماء، الزيوت، والأحماض. أحد عيوب أحجار الربط المزجج إنها تُظهر مقاومة صدمة فقيرة، لذلك تطبيقاتها مُحددة عندما تحدث الصدمة وتفاوتات درجات الحرارة الواسعة.

2- الرابط الراتنجي (Resinoid Bond).

أحجار التجليخ ذات الرابط الراتنجي تأتي في المرتبة الثانية من حيث الشعبية بعد الأحجار المزججة. يخلط راتنج الفينول بشكليه المسحوق أو السائل مع الحُبيبات الحاكة لشكل معين وتفلكن أو تعالج عند درجة حرارة ($360\ F^{\circ}$). تستخدم الأحجار الراتنجية لسرعات تجليخ فوق ($16{,}500\ \ SFPM$). الإستخدام الرئيسي لهذه الأحجار هو في التجليخ الخشن وعمليات القطع. ويجب توخي الحذر مع الأحجار ذات الرابط الراتنجي لأنها سوف تتلين إذا تعرضت للماء لفترات طويلة.

3- الرابط السليكاتي (Silicate Bond).

تستخدم مادة الربط هذه عندما تكون هنالك حاجة لبقاء الحرارة المتولدة بواسطة التجليخ أقل ما يمكن. مادة الربط السليكاتية تحرر الحُبيبات الحاكة بسهولة أكبر من بقية أنواع عوامل الربط الأخرى. والسرعة تكون مُحددة لأقل من ($4500\ SFPM$).

4- رابط الشيلاك (Shellac Bond).

الشيلاك هو مادة ربط عضوية تستخدم لأحجار التجليخ التي تنتج إنهاءات ناعمة جداً على الأجزاء مثل الدرافيل، أدوات قطع المائدة، أعمدة الحدبات، ومسامير المرفق، ولا تستعمل بشكل عام في عمليات التجليخ ذات العمل العنيف.

5- رابط المطاط (Rubber Bond).

الأحجار ذات المادة الرابطة المطاطية تكون قوية ومتينة بشكل كبير، وتستخدم بشكل أساسي كأحجار القطع النحيف، وأحجار الإدارة في ماكنات

التجليخ اللامركزية. كذلك تستخدم لإنجاز الإنهاءات الناعمة جداً المطلوبة على سطوح المحامل.

6- **الرابط المعدني** (Metal Bond).

تستخدم الروابط المعدنية بشكل أولي كعوامل ربط لحُبيبات الماس الحاكة. تستخدم كذلك في التجليخ الإلكتروليتي، حيث المادة الرابطة يجب أن تكون موصلة كهربائياً.

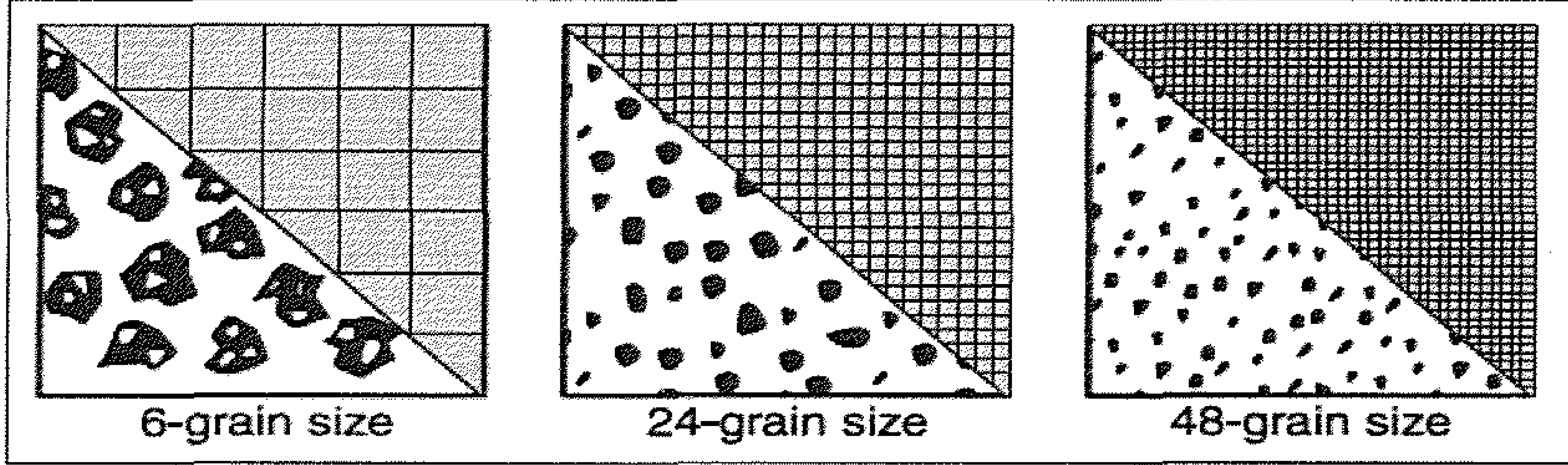
3.2.16 الحجم الحُبيبي للمواد الحاكة (Abrasive Grain Size).

إن حجم الحُبيبة الحاكة مهم بسبب كونه يؤثر على معدل إزالة الخام، خلوص الرايش في الحجر والإنهاء السطحي الناتج. يتم حساب الحجم الحُبيبي للمادة الحاكة بواسطة حجم فتحة الغربيل التي تستطيع حُبيبة المادة الحاكة العبور من خلالها. إن رقم الحجم أو المقاس الإسمي *Size* (*Nominal*) يُشير إلى عدد الفتحات لكل إنج في الغربيل. وعلى سبيل المثال حُبيبة ذات حجم حُبيبي (60) سوف تمر من خلال غربيل مع (55) فتحة لكل إنج ولكنها سوف لن تمر من خلال حجم غربيل (65).

الحجم الحُبيبي الواطئ يُشير إلى حُبيبة كبيرة والرقم العالي يُشير إلى حُبيبة أصغر. الأحجام الحُبيبية متنوعة وتتراوح من (6) (خشن جداً) إلى (1000) (ناعم جداً). والأحجام الحُبيبية تُعرف بشكل أوسع على إنها خشنة (6- 24)، وسط (30- 60)، ناعم (70- 180)، وناعم جداً (220- 1000). الشكل رقم (16- 4) يوضح مقارنة لثلاثة أحجام حُبيبية مختلفة والغرابيل المستخدمة للتحجيم.

الحُبيبات الناعمة جداً تستخدم لعمليات الصقل (*Polishing*) والتجليخ بالتحضين (*Lapping*). الحُبيبات الناعمة تستخدم للإنهاء الناعم وعمليات التجليخ صغيرة القطر. والأحجام المتوسطة تستخدم في عمليات إزالة الخام العالية

عندما تكون هنالك حاجة قليلة للسيطرة على الإنهاء السطحي. الأحجام الحُبيبية الخشنة تستخدم في عمليات إزالة نتوءات الصب وتهيئة الكتل المعدنية في مدلفنات الفولاذ والمسابك، حيث معدلات إزالة الخام مهمة وهنالك إعتبار قليل للإنهاء السطحي.



الشكل رقم (16- 4): مقارنة بين ثلاثة أحجام حُبيبية مختلفة

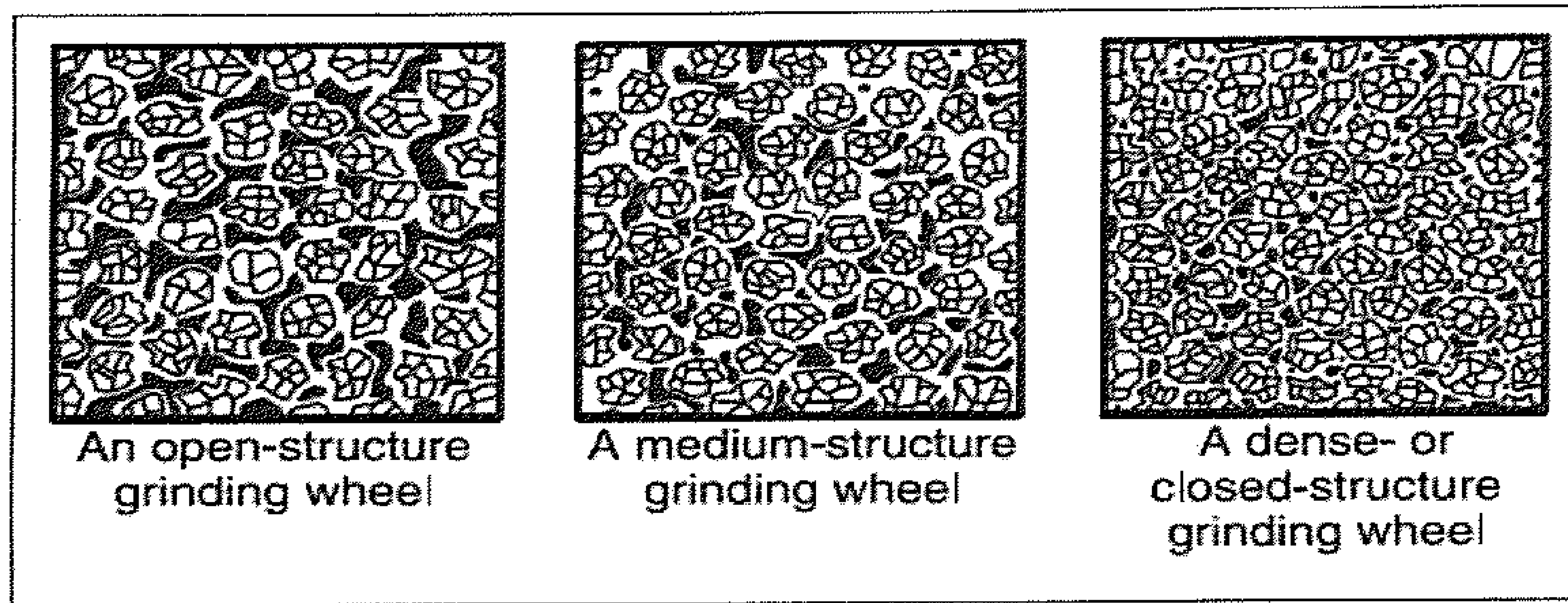
4.2.16 مرتبة حجر التجليخ (Grinding Wheel Grade) .

إن مرتبة حجر التجليخ تعتبر مقياس مقاومة المادة الرابطة الماسكة بالحُبيبات المفردة في الحجر، وتستخدم لتوضيح الصلادة النسبية لحجر التجليخ. المرتبة أو الصلادة تشير إلى مقدار المادة الرابطة المستخدمة في الحجر وليس لمقدار صلادة المادة الحاكة. الحجر اللين يمتلك أقل مادة رابطة من الحجر الصلد، والمدى المستخدم لتوضيح المرتبة هو (*Z-A*)، حيث (*A*) يمثل أقصى ليونة و (*Z*) يمثل أقصى صلادة. إن إختيار المرتبة الملائمة للحجر مهم جداً. إن الأحجار التي تكون لينة جداً تميل لفقدان حُبيباتها بسرعة كبيرة، وبلى الحجر يكون كبير، أما الأحجار التي تكون صلدة جداً لا تفقد حُبيباتها الحاكة بسرعة كافية والحُبيبات المثلومة والكليلة تبقى مرتبطة بالحجر مسببة حالة تسمى التزجج (*Glazing*).

5.2.16 التركيب الهيكلي لحجر التجليخ (Grinding Wheel Structure) .

يُشير تركيب حجر التجليخ إلى الفراغ النسبي للحُبيبات الحاكة وهو كثافة الحجر، حيث هنالك حُبيبات حاكة قليلة في الحجر ذي التركيب المفتوح

(*Open-Structure*) عمـا هـو موجـود في الحجـر ذي التركيـب المغلـق (*Close-Structure*). الشكل رقم (16- 5) يوضح مقارنة لتراكيب مختلفة مستخدمة في حجر التجليخ. وتصميم الحجر يحدد بالأرقام من (1- 15)، حيث الرقم العالي يمثل تركيب حجر مفتوح أكثر، أما الرقم الواطئ فيمثل تركيب مكتظ بشكل أكبر.



الشكل (16- 5): مقارنة لثلاثة تراكيب مختلفة

3.16 تصنيف حجر التجليخ (Grinding Wheel Specifications).

لقد إتفق مُصنعوا أحجار التجليخ على نظام تقييس لوصف تركيب الحجر بالإضافة إلى أشكال وأوجه الحجر.

1.3.16 ترقيم حجر التجليخ (Grinding Wheel Markings).

تمتلك الحُبيبات الحاكة في أحجار التجليخ نظام ترقيم يختلف بالنسبة لأحجار نتريد البورون المكعب والماس، وكما سوف يناقش أدناه :

1- أحجار أوكسيد الألمنيوم وكاربيد السليكون

(Al_2O_3 & SiC Wheels).

يستخدم نظام ترقيم أحجار التجليخ الحاكة لوصف تركيب الحجر نسبة لنوع المواد الحاكة، الحجم الحبيبي، المرتبة، التركيب الهيكلي، ونوع الرابط. الشكل رقم (16- 6) مدرج فيه نظام الترقيم القياسي لهذه المواد.

STANDARD MARKING SYSTEM CHART
ANSI STANDARD B74.13 – 1970

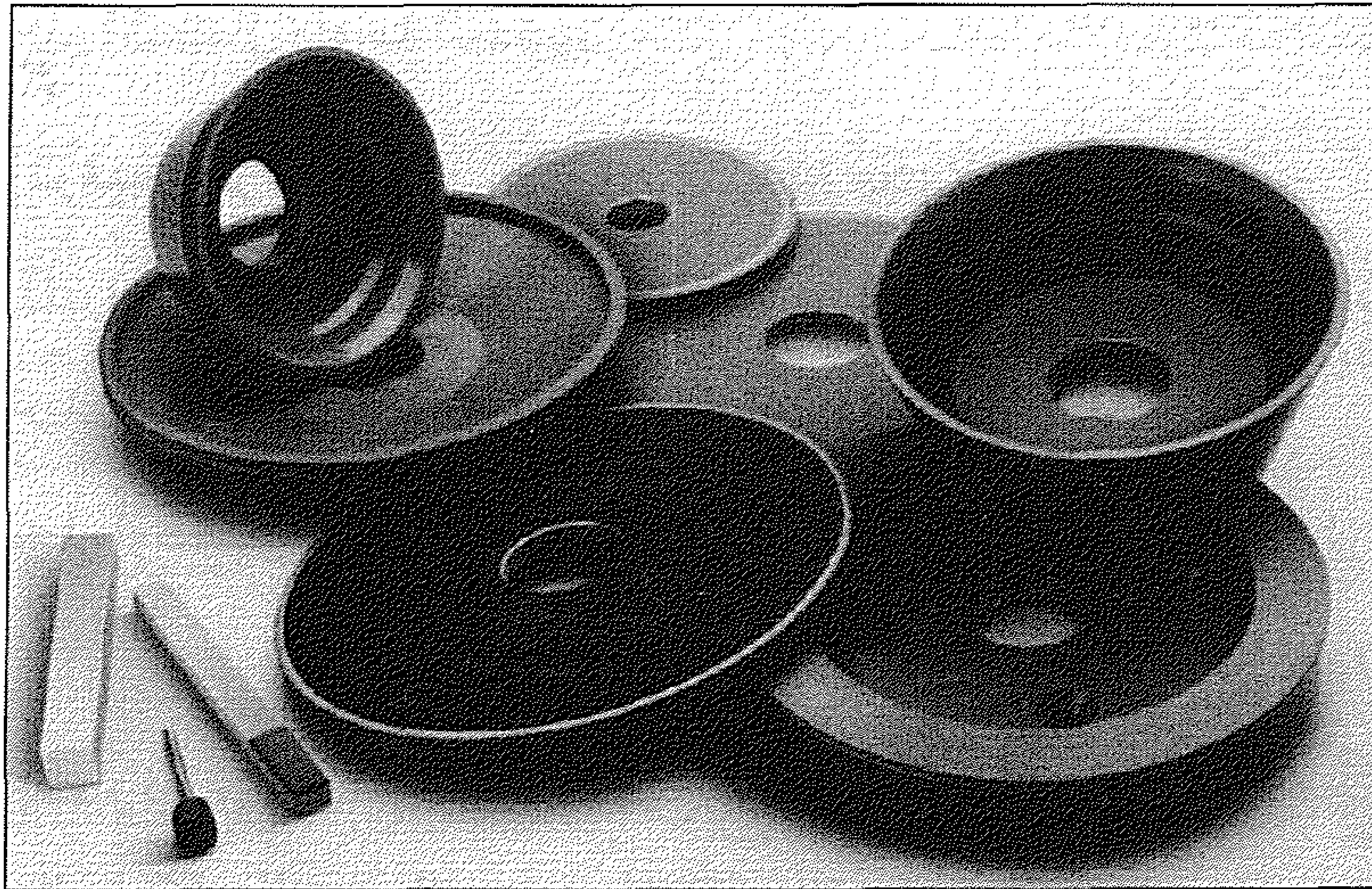
Sequence: Prefix	1 Abrasive Type	2 Grain Size	3 Grade	4 Structure	5 Bond Type	6 Manufacturer's Record
51	A	36	L	5	V	23

Prefix	Abrasive Type	Abrasive (grain) Size: Coarse	Medium	Fine	Very fine	Grade: Soft	Medium	Hard	Structure: Dense to Open		Bond Type	Manufacturer's Record
		8	30	70	220	A E	I M	Q V	1	9	B•Resinoid	
Manufacturer's symbol indicating exact kind of abrasive (*Use optional*)	A•Aluminum Oxide C•Silicon Carbide	10	36	80	240	B F	J N	R W	2	10	BF•Resinoid Reinforced	Manufacturer's private marking to identify when (*Use optional*)
		12	46	90	280	C G	K O	S X	3	11	E•Shellac	
		14	54	100	320	D H	L P	T Y	4	12	O•Oxychloride	
		16	60	120	400			U Z	5	13	R•Rubber	
		20		150	500				6	14	RF•Rubber Reinforced	
		24		180	600				7	15	S•Silicate	
									8	16 etc. (*Use optional*)	V•Vitrified	

الشكل رقم (16- 6): نظام الترقيم القياسي ANSI للمواد الحاكة في أحجار التجليخ

2- أحجار نتريد البورون المكعب والماس (CBN and Diamond Wheels).

نفس التقييس يمكن تطبيقه لأحجار نتريد البورون المكعب والماس والموضحة في الشكل رقم (16- 7). يضم الترقيم مجموعة من الحروف والأرقام وكما موضح في الشكل رقم (16- 8).



الشكل رقم (16- 7): أحجار تجليخ نموذجية من الماس و CBN

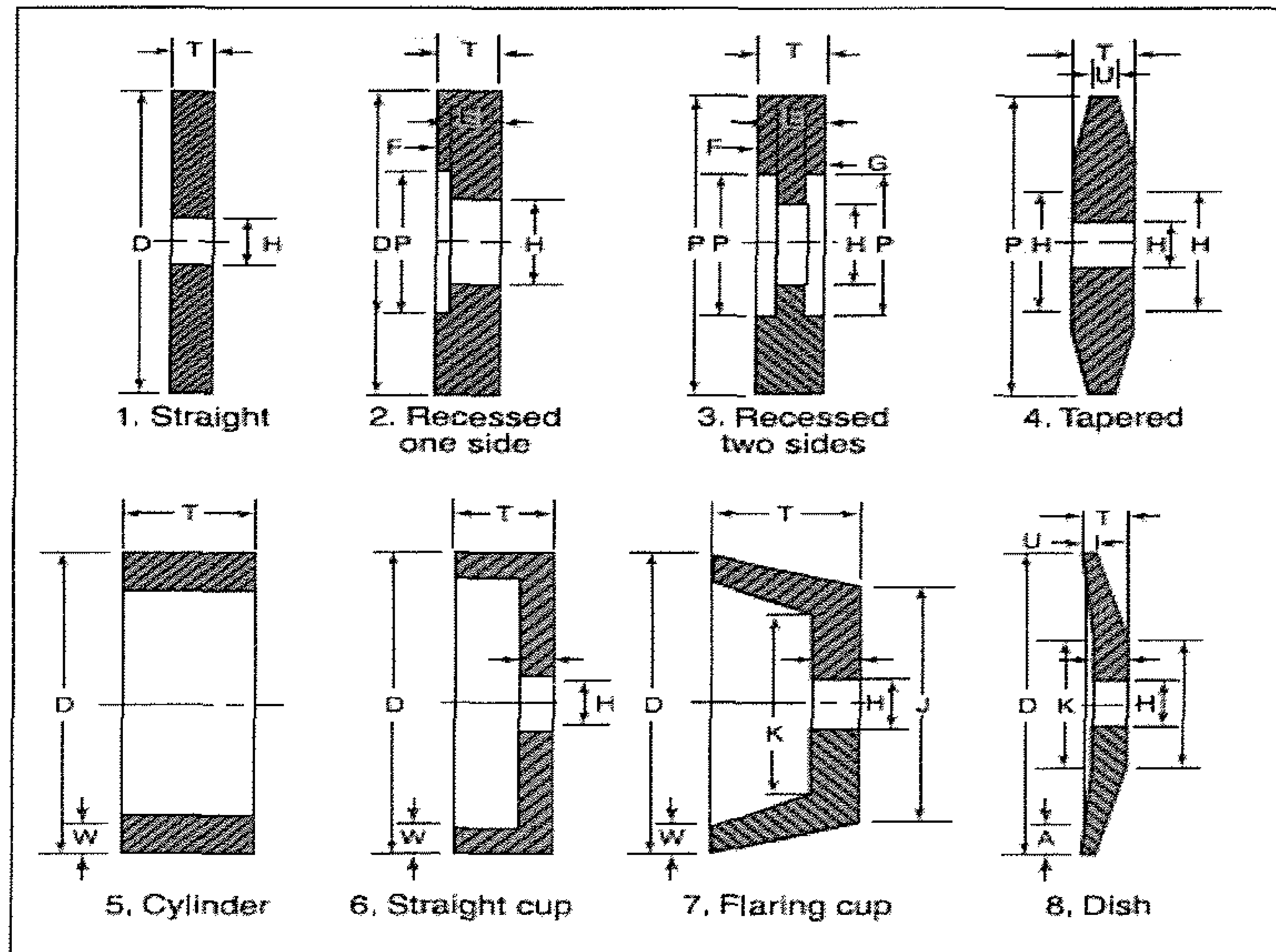
STANDARD MARKING SYSTEM CHART
FOR DIAMOND AND CBN WHEELS

M	D	100	- P	100	- B		1/8
Prefix	Abrasive Type	Grit Size	Grade	Diamond Concentration	Bond	Bond Modification	Diamond Depth (in.)
Manufacturer's symbol to indicate type of diamond	B Cubic boron nitride D Diamond	20 to 1000	A (soft) to Z (hard)	25 (low) 50 75 100 (high)	B Resinoid M Metal V Vitrified	A letter or numeral or combination used here will indicate a variation from standard bond	1/16 1/8 1/4 Absense of depth symbol indicates solid diamond

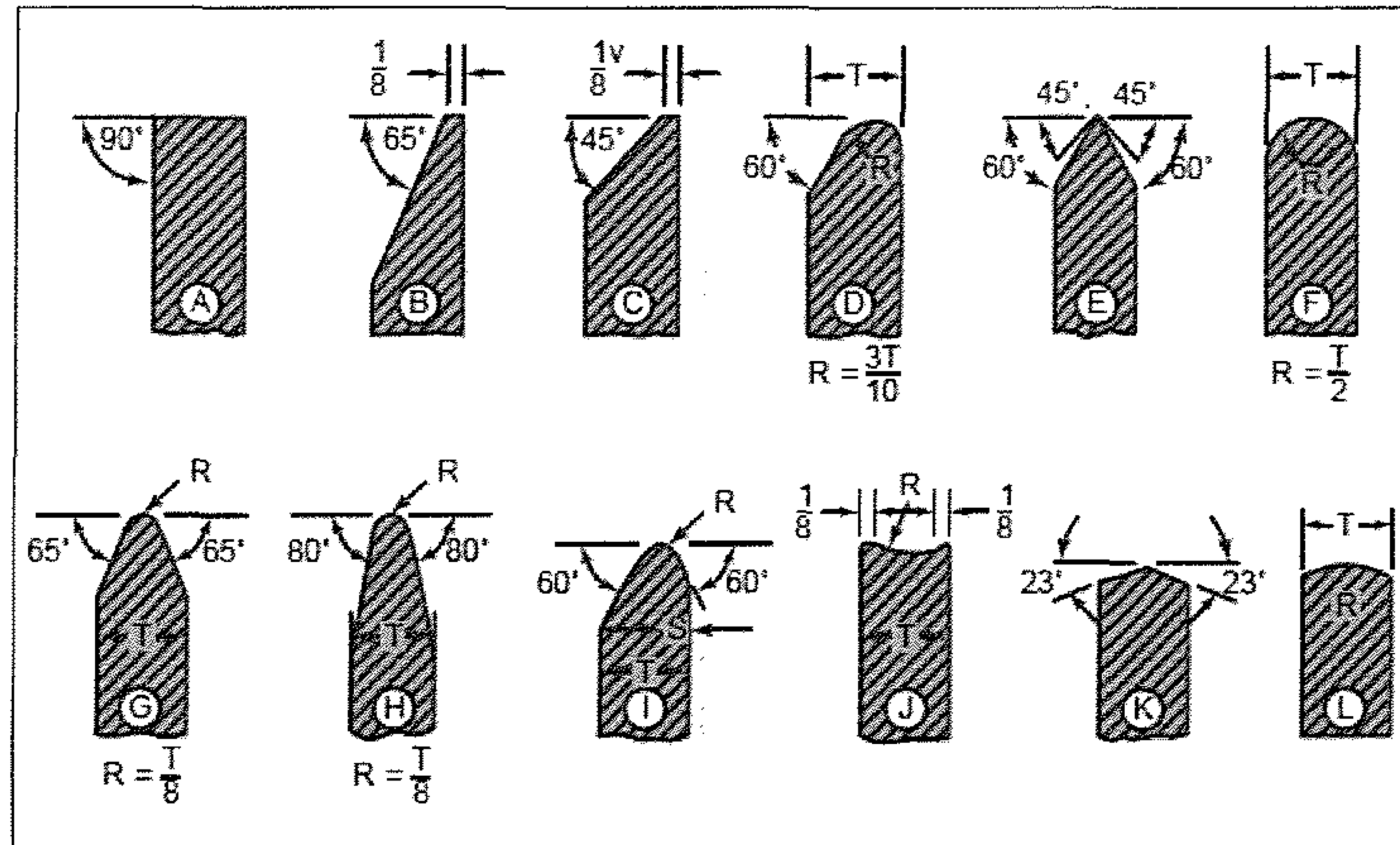
الشكل رقم (16- 8): نظام الترقيم القياسي للنتريد البورون المكعب والماس

2.3.16 أشكال وأوجه حجر التجليخ (Grinding Wheel Shapes & Faces).

معظم مُصنعي أحجار التجليخ تبني ثمانية أشكال قياسية للحجر موضحة في الشكل رقم (16- 9) والتي تستخدم في كل ماكنات التجليخ وإثنا عشر وجهاً قياسياً للحجر والتي تستخدم في معظم أشكال حجر التجليخ والموضحة في الشكل رقم (16- 10).



الشكل رقم (16- 9): أشكال حجر التجليخ الثمانية القياسية

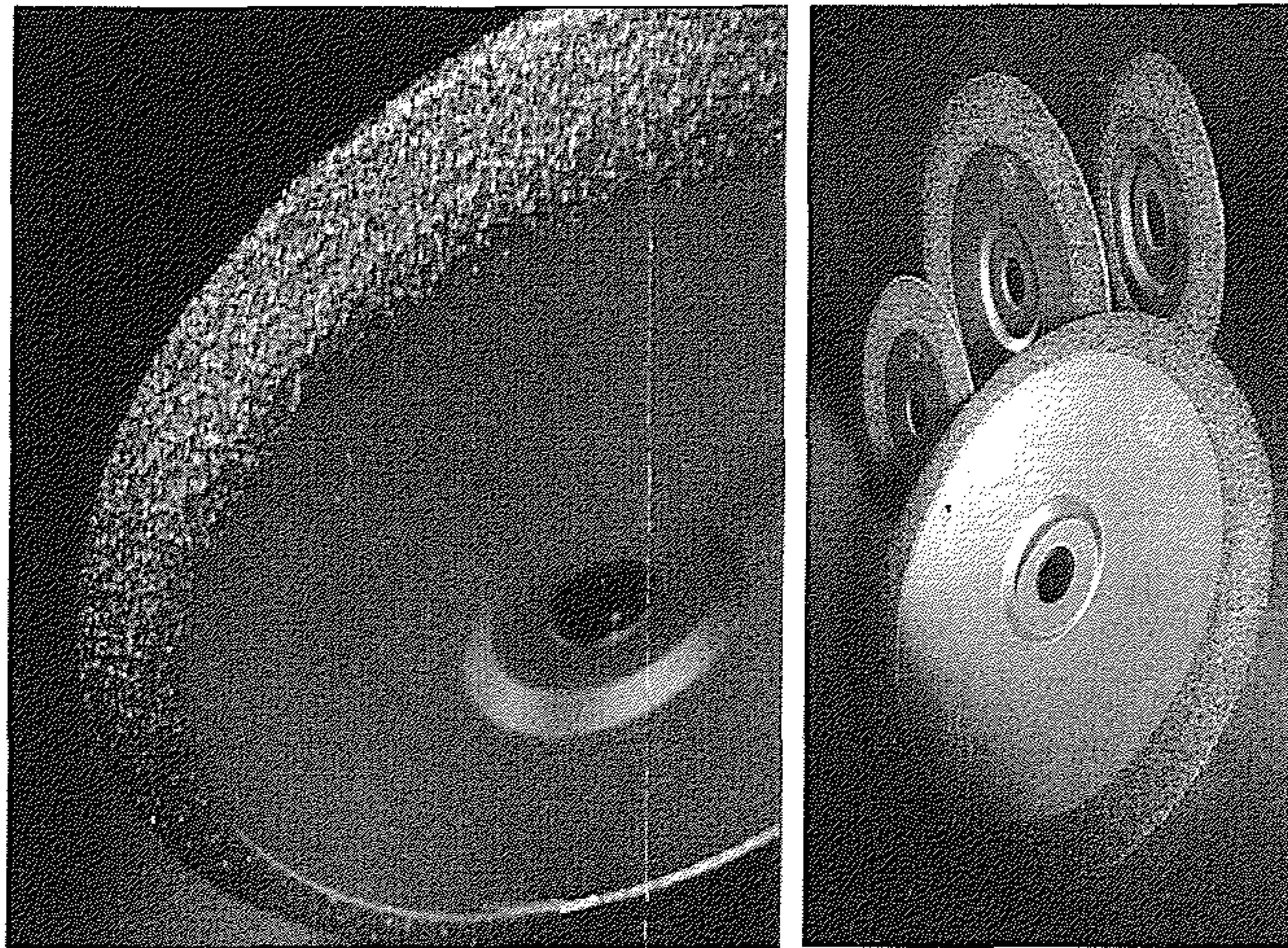


الشكل رقم (16- 10): أوجه حجر التجليخ القياسية الإثنا عشر

4.16 أحجار التجليخ المطلية كهربائياً (Electroplated Grinding Wheel)

من بين عِدة طُرق مستخدمة الآن في تثبيت الدقائق الحاكة للماس أو *CBN* على سطح العمل للعُدة الحاكة، فأن الطلاء الكهربائي هو الأسرع نمواً بينها. تنشأ يومياً عمليات إنتاج أكثر فأكثر وتتضمن مجاميع صلدة لسن المواد

وأشكال أحجار معقدة والتي تتطلب بشكل فعلي إستخدام عُدد حاكة مطلية كهربائياً. مثل هكذا عُدد، تتضمن شكل العُدة الدقيق أو تماسكها مع الدقائق الحاكة المترسبة على سطح العمل والمربوطة في مكانها بواسطة الترسيب الكهربائي للأرضية الرابطة وهي على الأغلب النيكل. تتنوع الدقائق المربوطة على سطح العُدة من حيث الحجم والتشتت لتلائم غرض العُدة، ولكنها يجب أن تقع في طبقة مفردة. الشكل رقم (a-11-16) يمثل منظر قريب لحجر مطلي كهربائياً، والشكل رقم (b-11-16) يوضح أحجام وأشكال مختلفة لأحجار مطلية كهربائياً.



الشكل رقم (16- 11): a- منظر قريب لحجر مطلي كهربائياً b- أحجام وأشكال متنوعة لأحجار مطلية كهربائياً

5.16 موازنة الحجر، التسوية والتقويم (Wheel Balancing, Dressing & Truing)

كل أحجار التجليخ هي عرضة للكسر وبعضها يكون هش للغاية، ولذلك يجب توخي الحذر عند مسك أحجار التجليخ. إن الأحجار الجديدة يجب أن تفحص عن قرب بشكل فوري بعد إستلامها للتأكد بأنها لم تتعرض للضرر أثناء النقل. كذلك يجب أن تفحص أحجار التجليخ مسبقاً قبل وضعها على الماكنة. ولإختبار فيما إذا كانت هنالك ضرر، يتم تعليق القرص بالإصبع ونقر

الجانب بلطف مع مقبض مفك لوالب للأقراص الصغيرة ومطرقة خشبية للأحجار الواسعة، لذلك سوف يصدر صوت رنين صافي من الحجر غير المتضرر أما الحجر المتضرر سوف لن يرن كله.

1.5.16 موازنة الحجر (Wheel Balancing).

من المهم موازنة الحجر فوق (10") قبل وضعه على الماكنة، وعندما يكون الحجر واسع تصبح الموازنة حرجة عند زيادة السرعة. وبعيداً عن الموازنة، فأن الحجر يسبب إهتزاز مفرط، ينتج بلى أسرع للحجر، والإصطكاك، فقر في الإنهاء، ضرر لحامل عمود الدوران، ويمكن أن يكون خطر. إن الإسلوب المناسب لموازنة الأحجار هي أولاً الموازنة الإستاتيكية للحجر. بعد ذلك يوضع الحجر على ماكنة التجليخ ويسوى، ثم يُزال وتُعاد موازنته. يعاد وضع الحجر ويسوى بشكل طفيف للمرة الثانية. تعمل أحمال الموازنة (*Shifting Weights*) على الحجر المثبت الموازنة للأحجار، حيث ينصب الحجر على محور موازنة ويوضع على مثبت الموازنة، وتزحزح الأوزان في موضع لإزالة كل النقاط الثقيلة على جميع القرص.

2.5.16 التسوية والتقويم (Dressing and Truing).

تُعرف التسوية (*Dressing*) بأنها عملية تستعمل لتنظيف وتجديد السطح القاطع لحجر التجليخ المثلوم أو المحشو في التسوية، يتم إزالة النحاتة بالإضافة إلى الحُبيبات الحاكة المثلومة والمادة الرابطة الزائدة. لذلك تستخدم التسوية لصنع وجه الحجر بحيث إنها تعطي نتائج تجليخ مرغوب بها. أما التقويم (*Truing*) فيُعرف على أنه العملية التي تستخدم لإزالة المادة من وجه الحجر بحيث أن محصلة دوران سطح القطع تكون صحيحة تماماً. إن هذا الشيء بالغ الأهمية في التجليخ الدقيق، وسبب ذلك يعود إلى أن أي خطأ في مقياس الحجر الحقيقي سوف ينتج علامات إصطكاك واضحة على الشُغلة. إن القرص الجديد يجب

دائماً أن يُقَوَم قبل وضعه في حالة عمل، كذلك من المفيد تقويم الحجر إذا أُريد إعادة وضعه على الماكنة. إن تسوية وتقويم أحجار التجليخ الإعتيادية هما عمليتين منفصلتين وبارزتين، على الرغم من أنهما ينفذان في بعض الأحيان بنفس العُدة. وتتضمن العُدد المستخدمة لتسوية أحجار التجليخ الإعتيادية ثلاثة أنواع هي :

1- **المسويات الميكانيكية** (Mechanical Dressers).

تسمى بشكل عام بالمسويات النجمية (*Star dressers*)، حيث تثبت ضد الحجر بينما هو يدور. أن فعل التنقية لرؤوس الأحجار ذات الشكل النجمي في العُدة يُزيل الحُبيبات المثلومة، الرابط، وبقية النحاتة. تستخدم المسويات النجمية للأحجار الإعتيادية خشنة الحُبيبات وبشكل عام في أعمال التجليخ غير المدروسة، عندما دقة التجليخ لا تعتبر عامل رئيسي.

2- **قضبان التسوية** (Dressing Sticks).

وتستخدم للتسوية غير المدروسة للأحجار التقليدية الصغيرة، خاصة الأشكال الفنجانية والطبقية. بعض هذه القضبان تصنع من مادة حاكة صلدة جداً تسمى كاربيد البورون، حيث يثبت قضيب كاربيد البورون ضد وجه الحجر لقص الحُبيبات الحاكة المثلومة أو الكليلة وإزالة الرابط الزائد. قضبان التسوية الأخرى تتضمن حُبيبات كرستالون (*Crystolon*) أو النديوم (*Alundum*) الخشنة في رابط زجاجي صلد. قضبان تسوية متنوعة موضحة في الشكل رقم (16- 12).



الشكل (16- 12): قضبان تسوية متنوعة

1- عُدد التسوية الماسية (Diamond Dressing Tools).

تم الإستفادة من صلادة رأس الماس الفائقة لتنظيف وتجديد وجه حجر التجليخ على الرغم من أن عُدد الماس مفردة الرأس كانت سابقاً المنتجات الوحيدة المتوفرة لهذا النوع من التسوية، إلا إن إزدياد ندرة الماس قادت لتطوير عُدد الماس متعددة الرؤوس (*Multi-Point Diamond Dressing Tools*). تستخدم عُدد التسوية الماسية مُتعددة الرؤوس عَدد من الماسات الصغيرة مثبتة في أرضية. عند الإستخدام، تثبت العُدة بأحكام في ماسك العُدة وتثبت منبسطة ضد الوجه الدائر للحجر. تنتقل العُدة أثناء تسوية القرص حتى ينفذ العمل كله.

وعندما يبدأ الماس على سطح العُدة بالبلى، تتكشف رؤوس ماسية جديدة لتعطي عُمر أطول وإستخدام أوسع. هذا النوع من العُدد ينتج وجه حجر متناسق جداً من تسوية إلى أخرى. عُدد التسوية الماسية متعددة الرؤوس متوفرة في مدى واسع لأقطار الساق وأشكال الوجه، لتلاقي متطلبات التنوع الواسع لماكنات التجليخ. عُدد ماسية نموذجية تستخدم لتسوية أحجار التجليخ موضحة في الشكل رقم (16- 13).



الشكل رقم (16- 13): عُدد تسوية ماسية مفردة ومتعددة الرؤوس

6.16 إختيار حجر التجليخ (Grinding Wheel Selection).

قبل محاولة إختيار حجر التجليخ لعملية معينة، يجب على المُشغل أن يأخذ بنظر الإعتبار العوامل الستة الموضحة أدناه اللازمة لأقصى إنتاجية ونتائج آمنة. وهذه العوامل هي :

1- المادة المراد تجليخها.

إذا كانت المادة المراد تجليخها فولاذ كاربوني، فولاذ سبائكي، يتم إختيار أحجار أوكسيد الألمنيوم. أنواع الفولاذ بالغة الصلادة والسبائك الغريبة يجب أن تجلخ مع نتريد البورون المكعب أو الماس. المعادن اللاحديدية، معظم أنواع حديد الزهر، المواد اللامعدنية والكاربيدات المسمنتة تتطلب حجر مصنوع من كاربيد السليكون. إن القاعدة العامة على الحجم الحُبيبي هو إستخدام أحجار الحُبيبات الناعمة للمواد الصلدة وأحجار الحُبيبات الخشنة للمواد اللينة والمطيلية. أحجار التركيب المفتوح والصلد يفضل للمواد اللينة بينما التركيب المُغلق اللين يجب أن يستخدم على المواد الأصلد.

2- طبيعة عملية التجليخ.

متطلبات الإنهاء، الدقة، وكمية المعدن المراد إزالته يجب أن تؤخذ بنظر الإعتبار عند إختيار الحجر. الإنهاءات الناعمة والدقيقة من الأفضل الحصول عليها مع حجم حُبيبي صغير وحجر التجليخ يكون ذو روابط راتنجية، مطاطية، وشيلاك. إزالة المعدن العنيفة يتم الحصول عليها مع أحجار خشنة برابط زجاجي.

3- مساحة الإتصال.

مساحة الإتصال بين الحجر والشُغلة مهم أيضاً. التركيب الحُبيبي المُغلق، الأحجار الصلدة، والحجم الحُبيبي الصغير يستخدم عندما تكون مساحة الإتصال صغيرة، من ناحية أخرى، التراكيب المفتوحة، الأحجار اللينة والأحجام الحُبيبية الواسعة ينصح بها عندما تكون مساحة الإتصال واسعة.

4- حالة الماكنة.

يؤثر الإهتزاز على الإنهاء الناتج على الجزء بالإضافة إلى إنجاز الحجر. الإهتزاز بشكل عام ناتج من تراخي أو بلى محامل عمود الدوران، بلى الأجزاء، الأحجار غير المتوازنة، أو زيادة الأساسات غير المحكمة.

5- سرعة حجر التجليخ.

سرعة الحجر تؤثر في الرابط والمرتبة المختارين لحجر معين. سرعة الحجر تقاس بوحدات (*SFPM*). الروابط المزججة تستخدم بصورة عامة لسرعات (6500 *SFPM*) أو في العمليات المختارة فوق (12000 *SFPM*). الأحجار ذات الرابط الراتنجي يمكن أن تستخدم لسرعات فوق (16500 *SFPM*).

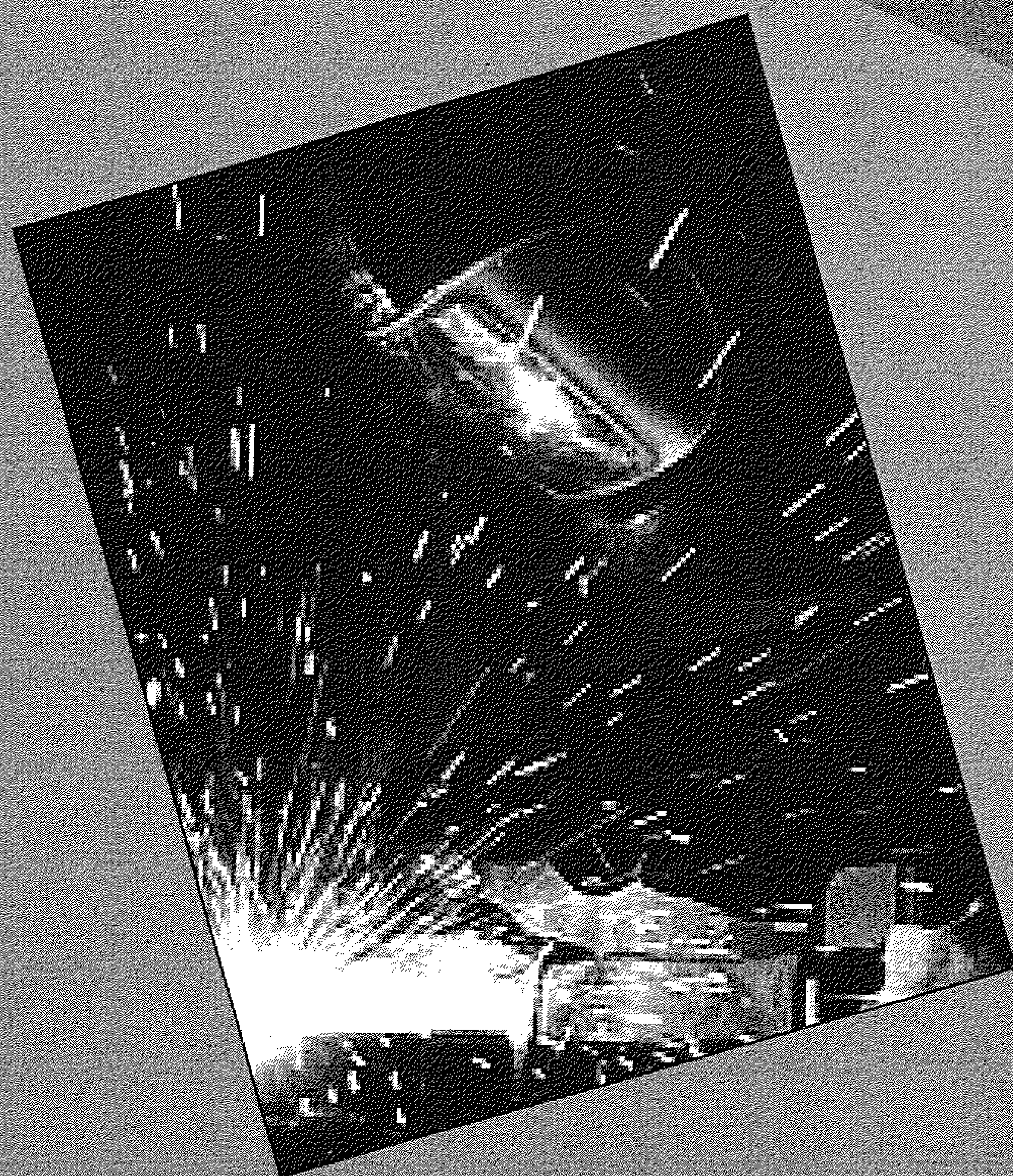
6- ضغط التجليخ .

ضغط التجليخ هو معدل التغذية المستخدمة أثناء عملية التجليخ. حيث يؤثر في مرتبة الحجر. كقاعدة عامة تتبع، كلما زاد الضغط يجب إستخدام حجر أصلد.

الفصل السابع عشر

طرق وماكنات التجليخ

Grinding Methods and Machines



17

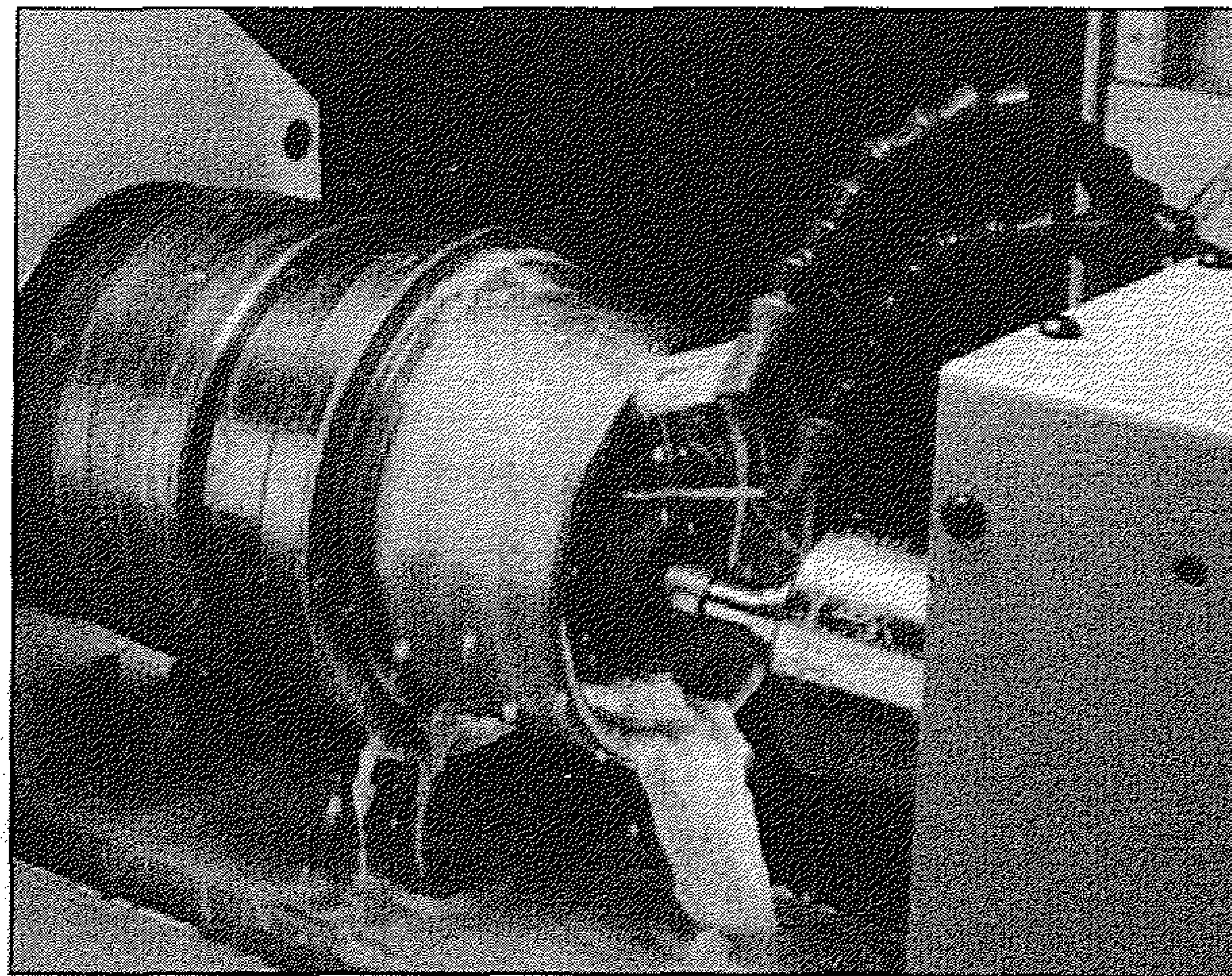
الفصل السابع عشر

طُرق وماكنات التجليخ

Grinding Methods and Machines

1.17 المقدمة (Introduction).

التجليخ، أو التشغيل بالحك هو من أكثر طُرق إزالة المعدن نمواً في الصناعة، والعديد من عمليات التشغيل التي كانت تُنفذ سابقاً على الماكنات التقليدية للتفريز، المخارط، والمقاشط، أصبحت الآن تُنجز على الأنواع المختلفة لماكنات التجليخ. إن إستخدام التحكم الرقمي بالماكنات (*CNC*)، نتج عنه زيادة كبيرة في الإنتاجية وتحسن الدقة، الوثوقية، وثبات التركيب، والتي تُعتبر من مميزات ماكنات التجليخ الصناعية اليوم. الشكل رقم (17- 1) يوضح عملية تجليخ داخلي نموذجية.



الشكل رقم (17- 1): عملية تجليخ داخلي نموذجية

2.17 عمليات التجليخ (Grinding Processes) .

لقد تطورت ماكنات التجليخ من حيث التصميم، التركيب، والثباتية والتطبيق بشكل كبير في العقد الأخير أكثر من أي ماكنة عُدد قياسية في صناعة التشغيل. ويمكن تقسيم مكائن التجليخ إلى خمس مجموعات رئيسية هي :

1- الجلاخات السطحية (Surface Grinders).

2- الجلاخات الإسطوانية (Cylindrical Grinders).

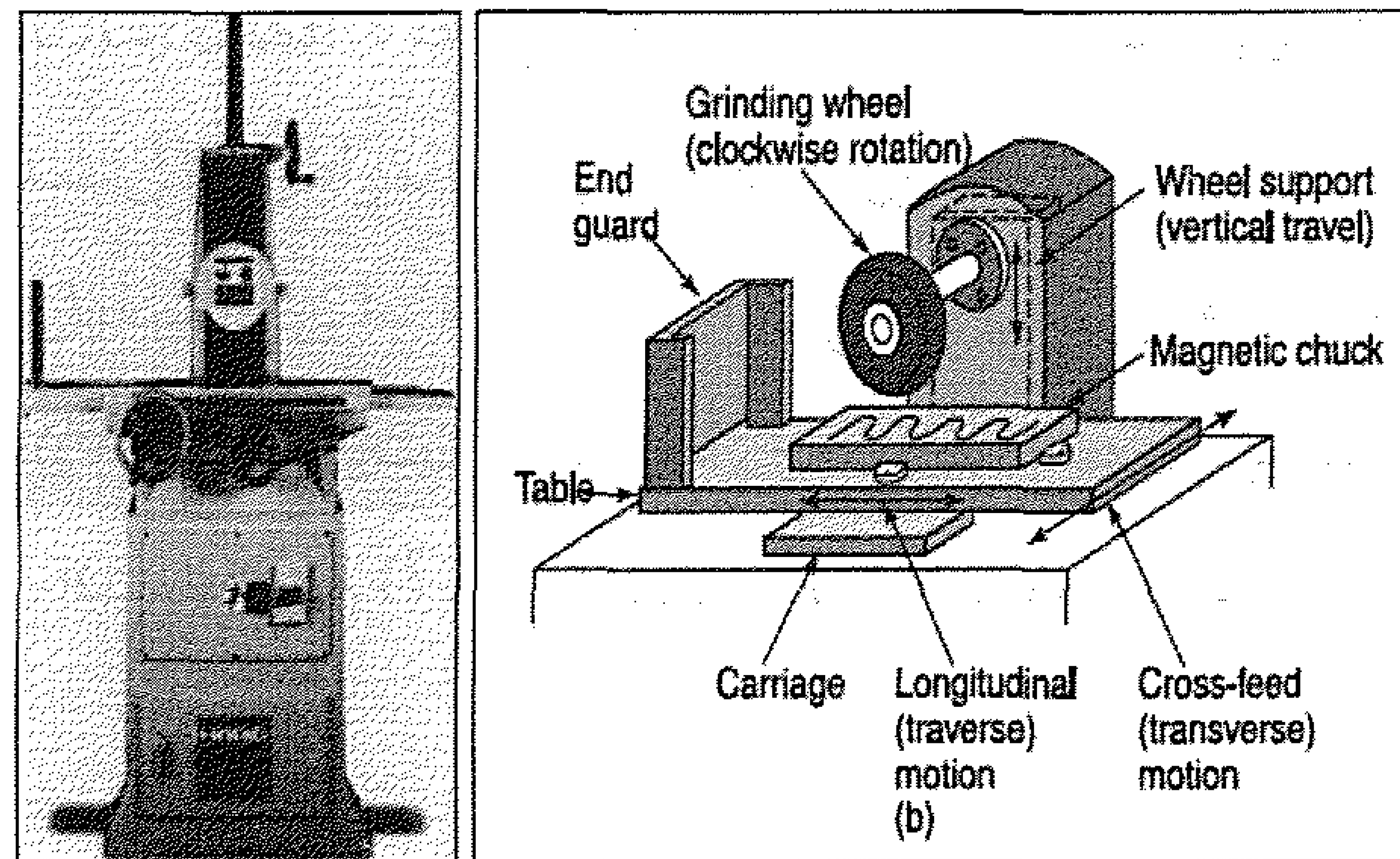
3- الجلاخات اللامركزية (Centerless Grinders).

4- الجلاخات الداخلية (Internal Grinders).

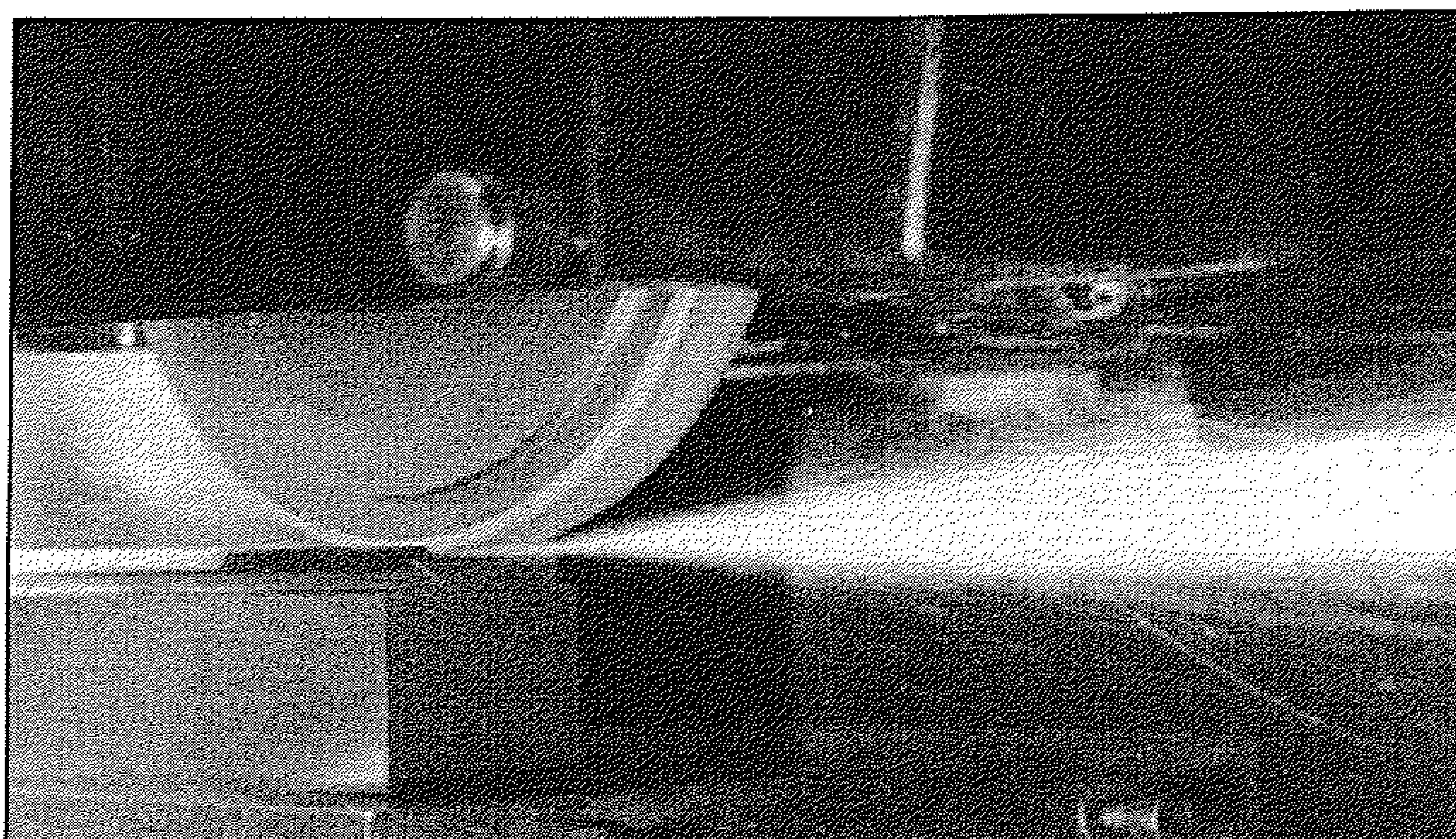
5- الجلاخات الخاصة (Special Grinders).

1.2.17 تجليخ السطح (Surface Grinding) .

يستخدم تجليخ السطح لإنتاج سطوح مستوية، زاوية، وغير منتظمة. والشكل رقم (a-2-17) يوضح مجلخ سطوح يدوي العمل. في عملية تجليخ السطح، يدور حجر التجليخ على عمود الدوران والشُغلة موضوعة أما على منضدة ترددية أو دوارة والتي تأتي بتماس مع الحجر. وكما موضح في الشكل رقم (b-2-17). عملية تجليخ سطحي نموذجية موضحة في الشكل رقم (17- 3).



الشكل رقم (17- 2): a- جلاخة سطح قياسية b- التراكيب الأساسية والحركات لجلاخة السطح



الشكل رقم (17- 3): عملية تجليخ سطحي نموذجية

هنالك أربعة أنواع رئيسية من الجلاخات السطحية تستخدم بشكل عام في الصناعة وكما موضح في الشكل رقم (17- 4)، وهذه الأنواع هي :

1- **عمود الدوران الأفقي/المنضدة الترددية**

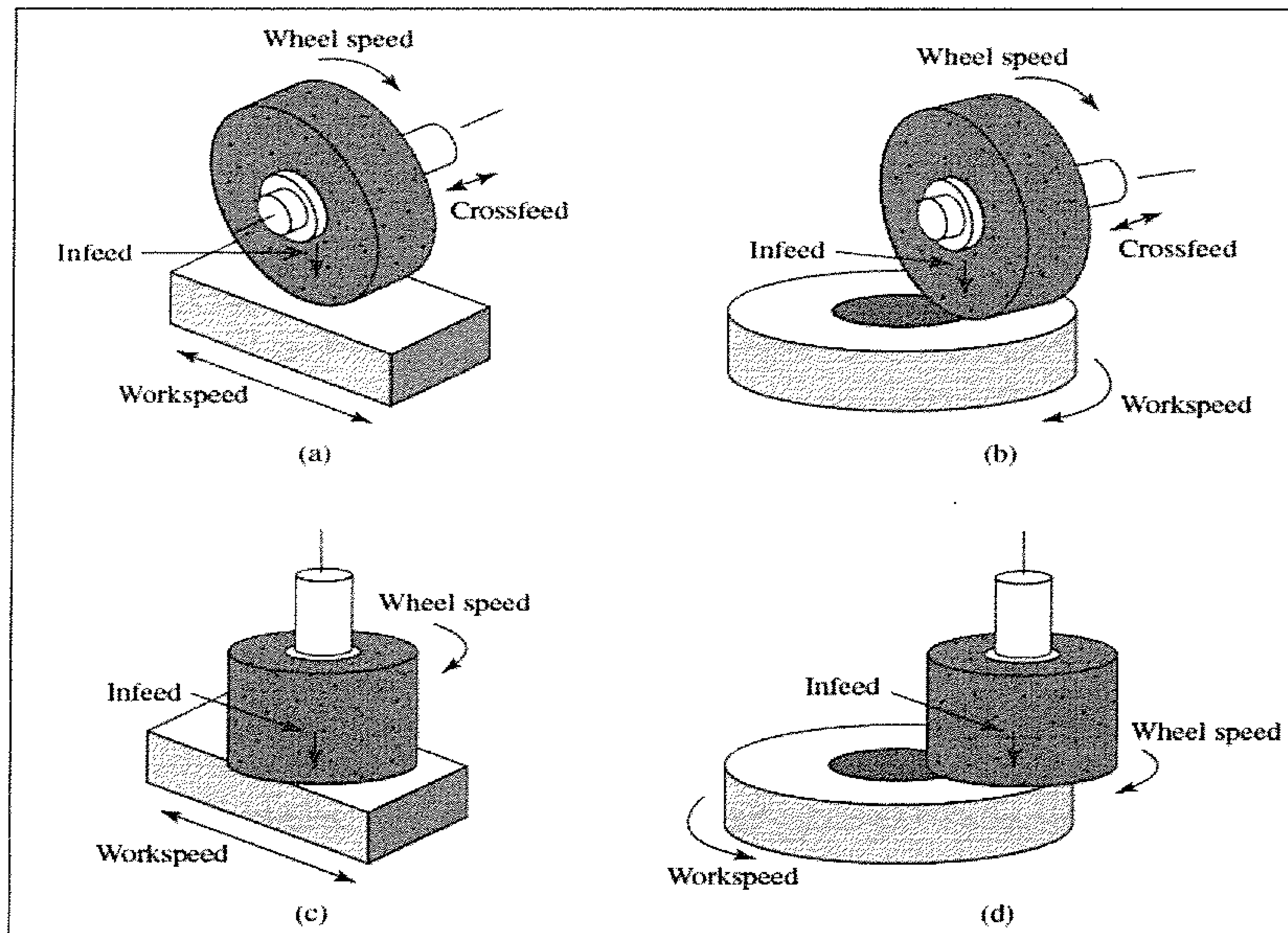
(Horizontal Spindle /Reciprocating Tab).

وهو من أكثر الأنواع شيوعاً في الإستخدام الصناعي وهو موضح في الشكل رقم (a-4-17). مجلخ سطحي موضح في الشكل رقم (a-2-17). مجلخ أخر سطحي كثير التفاصيل يُدار آلياً موضح في الشكل رقم (17- 5). هذا النوع من الجلاخات متوفر في أحجام مختلفة ليلائم الشُغلات الكبيرة والصغيرة. في هذا النوع من التجليخ السطحي، تتحرك الشُغلة للأمام وللخلف تحت حجر التجليخ. حجر التجليخ موضوع على عمود دوران أفقي ومحيطه يعمل على القطع عندما يلامس الشُغلة. ومنضدة العمل موضوعة على سرج يزود بحركة تغذية عرضية للشُغلة. مجموعة رأس الحجر تتحرك عمودياً على عمود للتحكم بعمق القطع المطلوب.

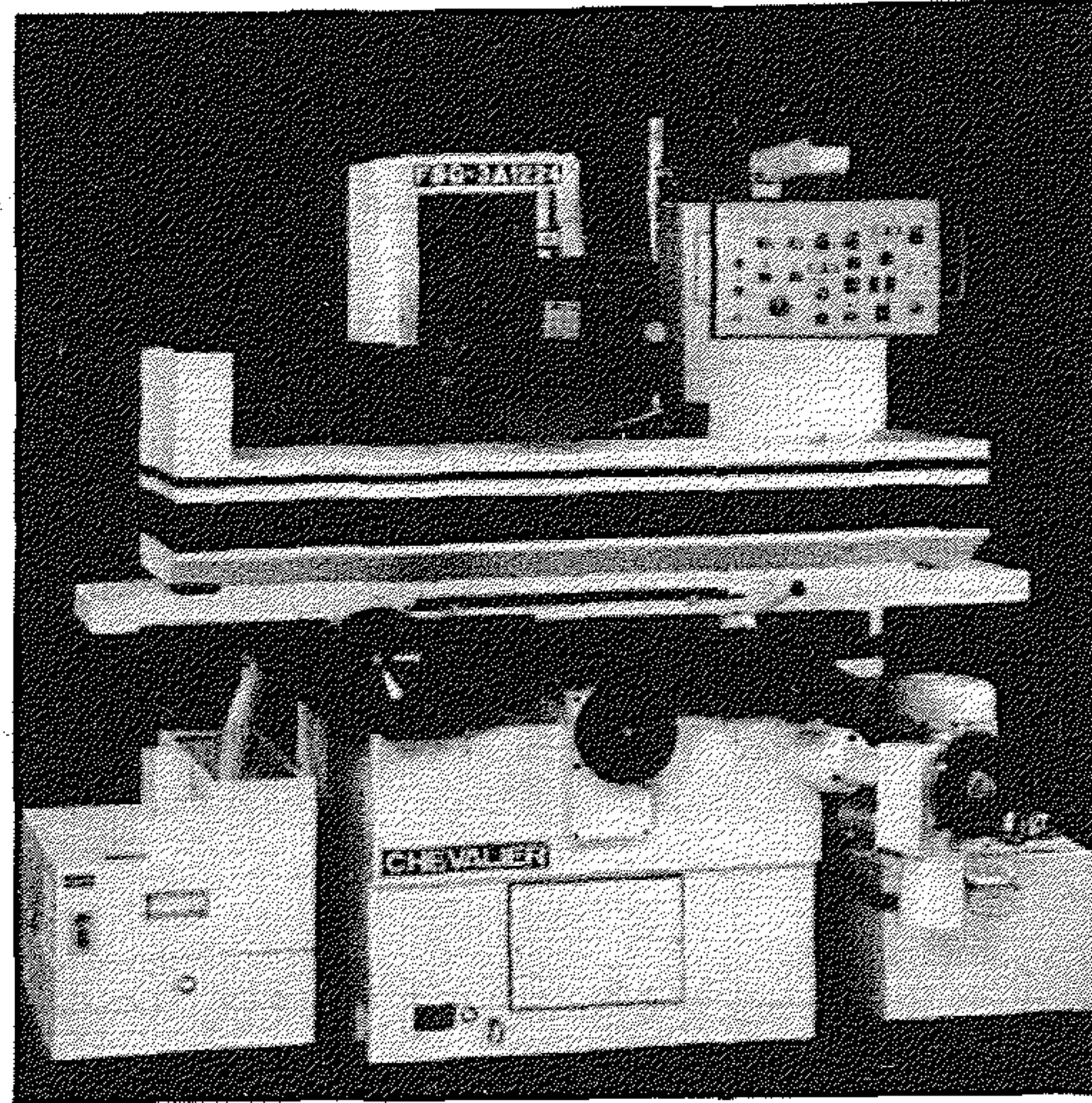
2- عمود الدوران الأفقي/المنضدة الدوارة

.(Horizontal Spindle /Rotary Table)

يمتلك هذا النوع من الجلاخات السطحية حجر تجليخ موضوع أيضاً بشكل أفقي ومحيطه هو المسؤول عن القطع وكما في الشكل رقم (b-4-17). تدور الشُغلة (360°) على منضدة دوارة تحت رأس الحجر. رأس الحجر يتحرك عبر الشُغلة ليعطي حركة التغذية الضرورية. يتم السيطرة على معدل إزالة المعدن بواسطة مقدار نزول التغذية لمجموعة رأس الحجر.



الشكل رقم (17- 4): أنواع الجلاخات السطحية



الشكل رقم (17- 5): جلاخة سطحية آلية مع نظام تبريد

3- عمود الدوران العمودي/المنضدة الترددية

. (Vertical Spindle /Reciprocating Table)

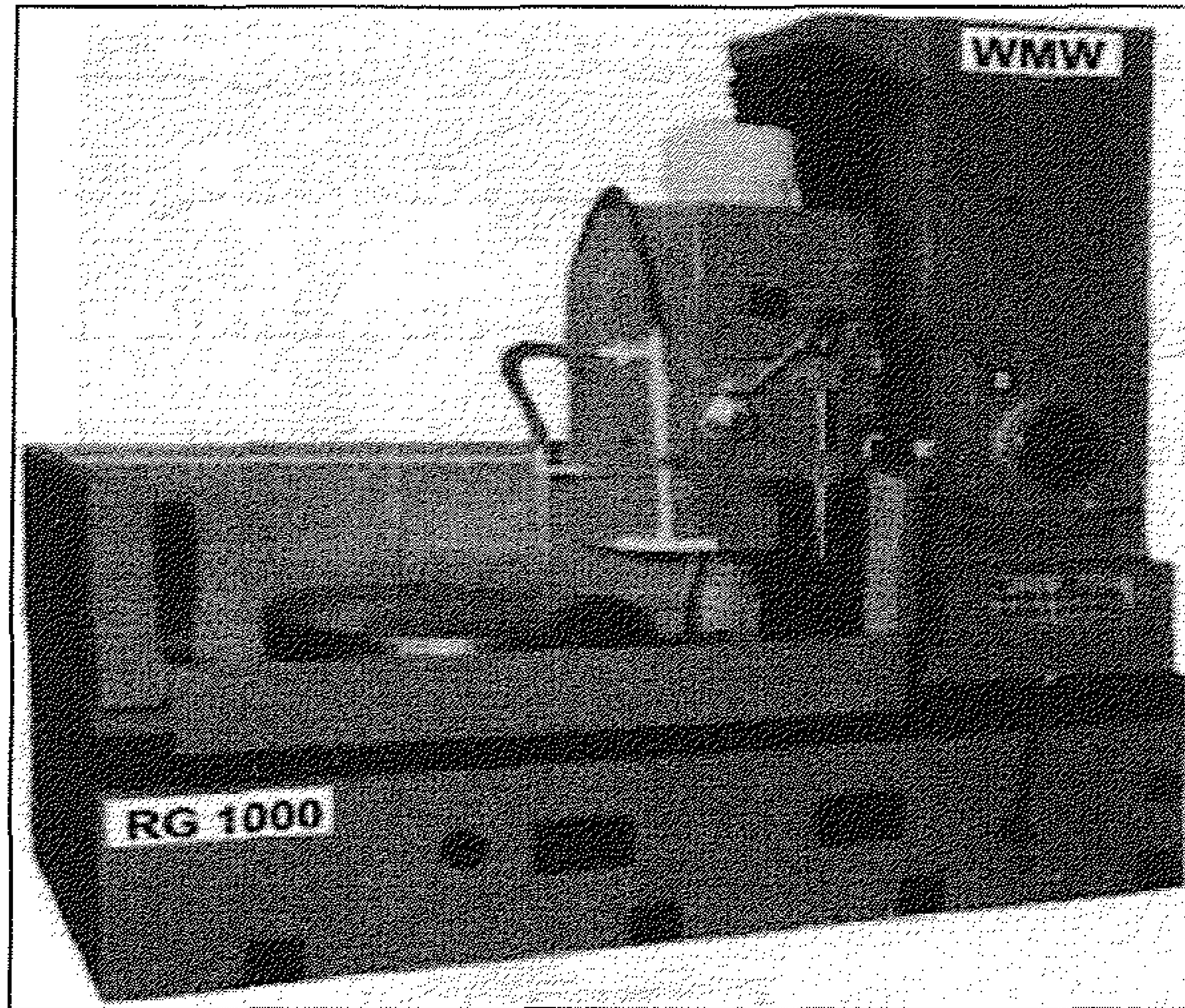
هذا النوع من ماكنات التجليخ يلائم بشكل عملي تجليخ المسبوكات الطويلة والضيقة مثل سكك الفَرش في ماكنة المخرطة. يتم إزالة المعدن بواسطة وجه الحجر بينما الشُغلة تتردد تحت الحجر. تتحرك مجموعة رأس الحجر كما في معظم أنواع الجلاخات الأخرى تتحرك عمودياً للسيطرة على عمق القطع. تتحرك المنضدة جانبياً لتنجز حركة التغذية العرضية وتكون المنضدة موضوعة على وحدة السرج وكما في الشكل رقم (c-4-17).

4- عمود الدوران العمودي/المنضدة الدوارة

. (Vertical Spindle / Rotary Table)

هذا النوع من الماكنات والموضح أيضاً في الشكل رقم (d-4-17) والشكل رقم (17- 6) له القدرة لإنجاز قطوعات عنيفة ومعدلات إزالة معدن عالية. تستخدم ماكنات محور الدوران العمودي الأحجار الفنجانية (*Cup Wheels*)، الإسطوانية (*Cylinder*)، نصف الدائري (*Segment*)، والعديد منها يجهز بأعمدة

دوران متعددة لإنجاز عملية التخشين، الإنهاء الجزئي، وإنهاء المسبوكات الكبيرة، والمطروقات والأجزاء الملحومة بنجاح. ماكنات التجليخ عمودية المحور متوفرة في أحجام متنوعة وتمتلك محركات بقدرة (225 *hp*) لتحريك عمود الدوران.



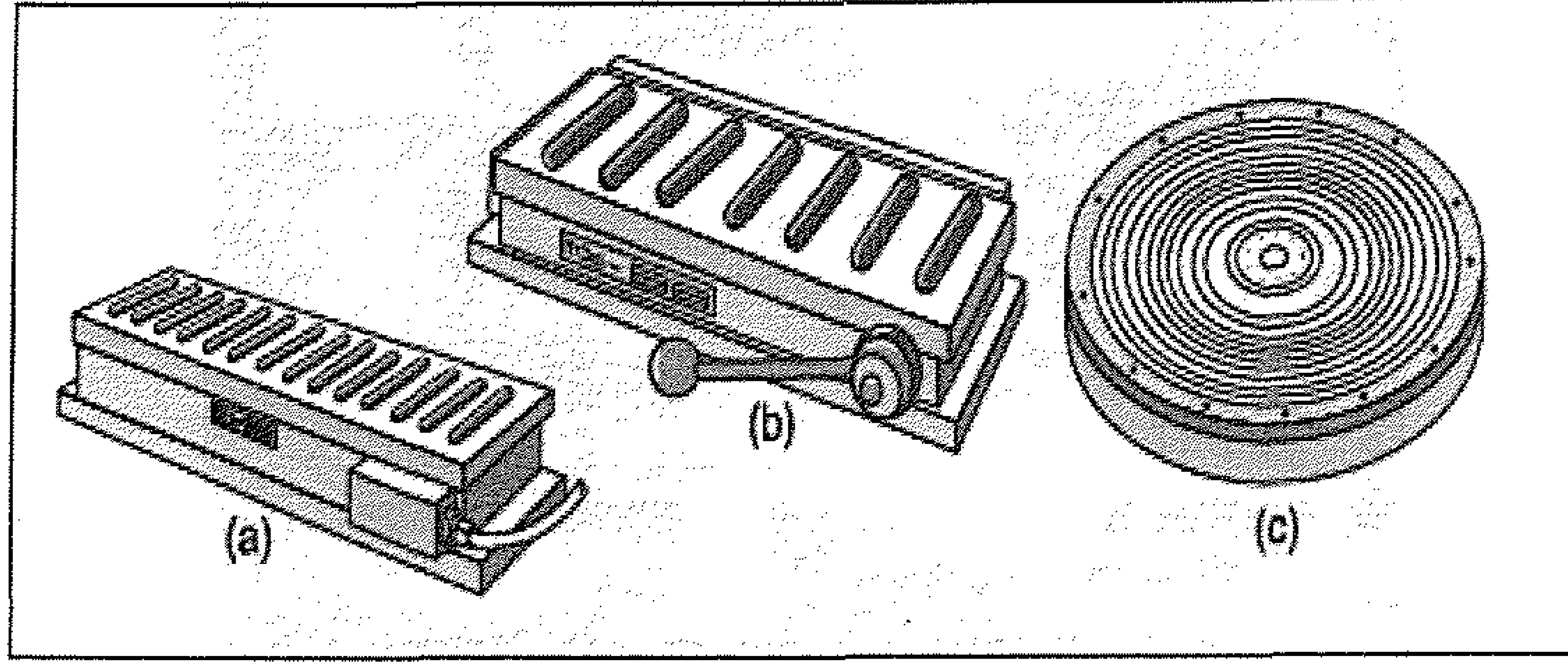
الشكل رقم (17- 6): جلاخة عمودية محور الدوران مع منضدة دوارة

إن أجهزة تثبيت الشُغلة (*Work Holding Devices*) المستخدمة على ماكنات التفريز أو الثقب يمكن إستخدامها كلها تقريباً على الجلاخات السطحية مثل الملازم، المناضد الدوارة، مراكز التقسيم وبقية المثبتات التي تستخدم لأغراض خاصة. وعلى أية حال، فأن أكثر جهاز تثبيت شيوعاً في الإستخدام على الجلاخات السطحية هو الظرف المغناطيسي *Magnetic Chuck*. تعمل الظروف المغناطيسية على مسك الشُغلة بواسطة بذل تجاذب مغناطيسي على الجزء، ولذلك فقط المواد المغناطيسية مثل الحديد والفولاذ يمكن أن توضع مباشرة على الظرف. هنالك نوعان من الظروف المغناطيسية متوفرة على الجلاخات السطحية هي :

1- الظروف دائمة التمغنط (Permanent Magnet Chucks).

2- الظروف الكهرومغناطيسية (Electromagnetic Chucks).

ثلاثة أنواع من الظروف المغناطيسية موضحة في الشكل رقم (17- 7).



الشكل رقم (17- 7): أنواع الظروف المغناطيسية : a- الكهرومغناطيسي
b- دائم التمغنط c- الكهرومغناطيسي الدوار

في حالة الظروف دائمة التمغنط، تأتي قدرة التثبيت من المغانط الدائمة، حيث توضع في داخل الظروف وتتحرك كتلة يدوية لتنشيط أو فتح المغانط. تُشغل الظروف المغناطيسية عند فولتية (110v -220v) وتوصل بالطاقة بواسطة مفتاح كهربائي. هذا النوع من الظروف يمتلك ميزتين :

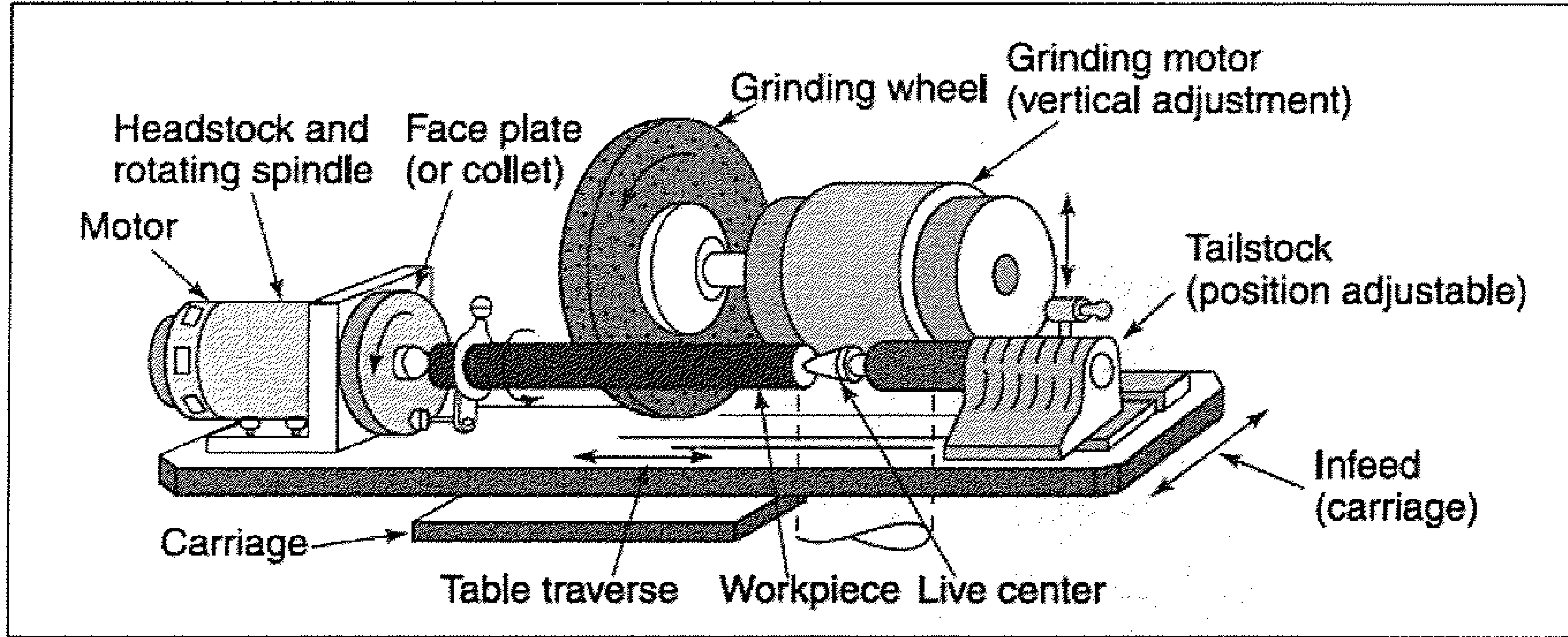
1- قدرة التثبيت يمكن أن تُعدل لتلائم مساحة إتصال الشُغلة. حيث تستخدم مقادير صغيرة من التيار للأجزاء الصغيرة ومقادير كبيرة للأجزاء الواسعة.

2- مفتاح مُزيل التمغنط بعكس جريان التيار بشكل لحظي ويعادل التمغنط المتبقي من الظرف والشُغلة.

2.2.17 التجليخ الإسطواني (Cylindrical Grinding).

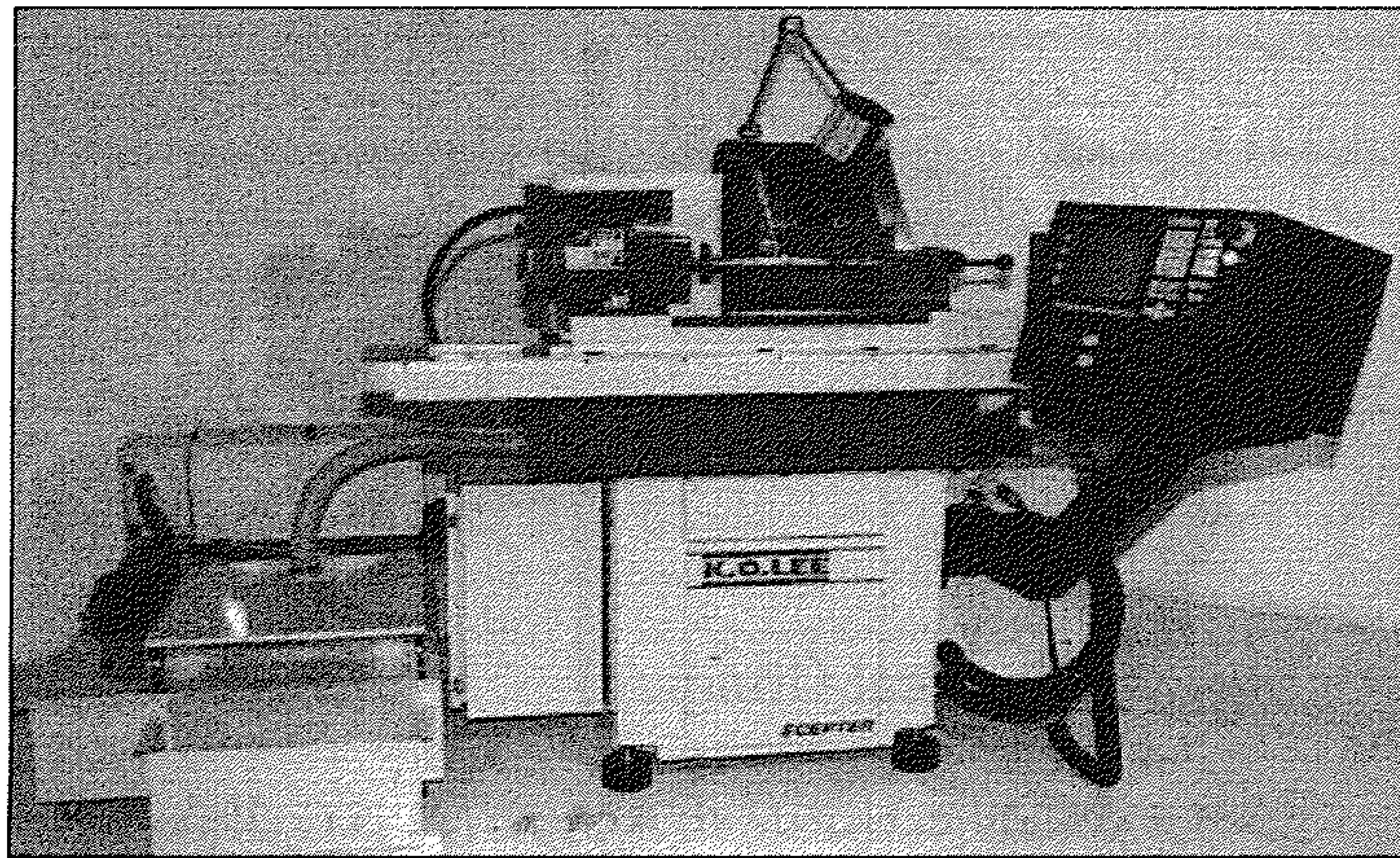
التجليخ الإسطواني يُعرف على إنه عملية تجليخ السطوح الخارجية للأجزاء الإسطوانية. يمكن أن تكون هذه السطوح مستقيمة، مستدقة، أو كنتورية. تشبه عمليات التجليخ الإسطواني عمليات الخراطة العادية التي تنفذ على

المخرطة، ولكن يتم إستبدال المخرطة بالتجليخ عندما تكون الشُغلة صلدة أو عندما تكون هنالك حاجة لدقة عالية وإنهاء فائق. الشكل رقم (17- 8) يوضح الحركة الأساسية لماكنة التجليخ الإسطواني.

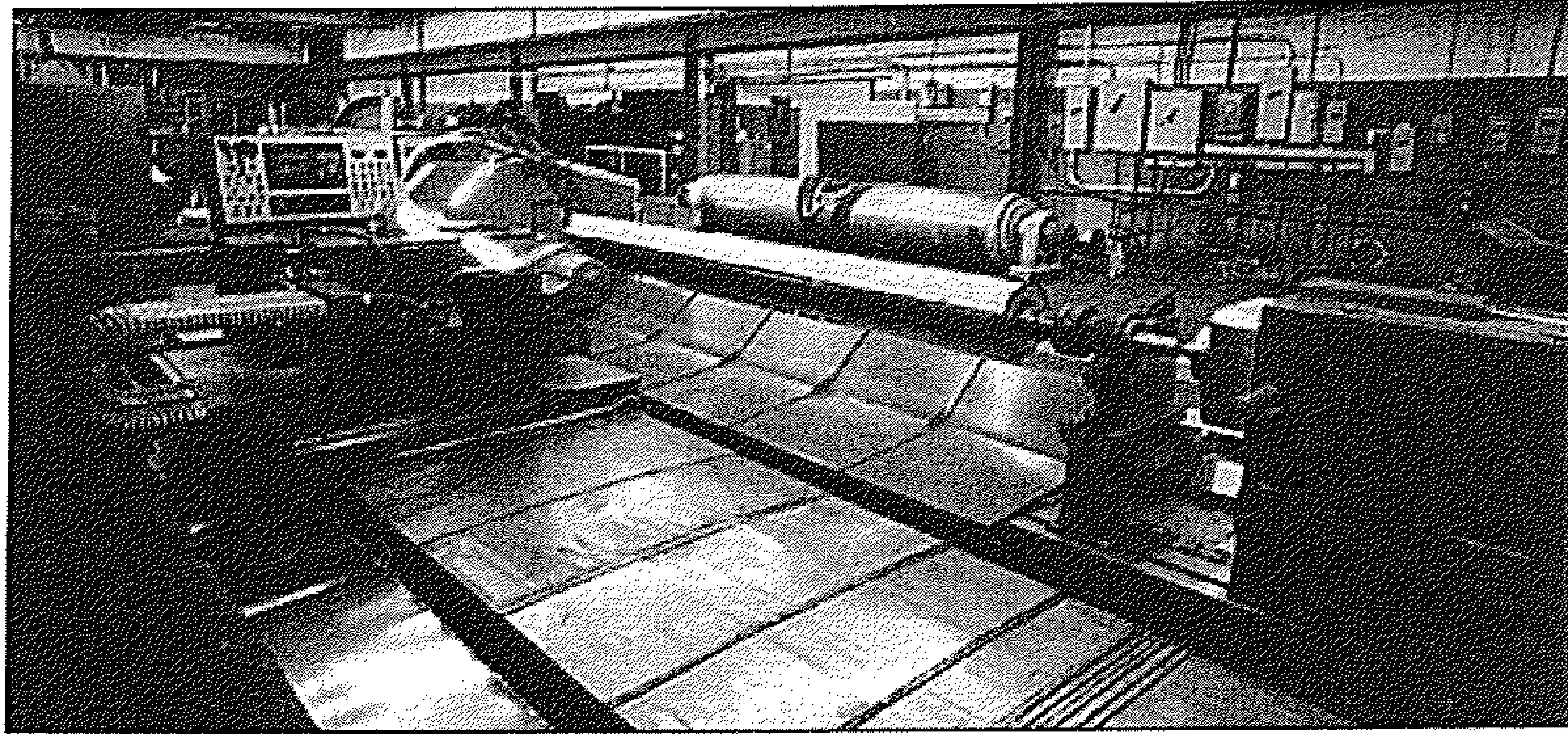


الشكل رقم (17- 8): الأجزاء والحركات الأساسية لجلاخة إسطوانية

عندما تدور الشُغلة يدور حجر التجليخ أسرع بكثير منها وبالإتجاه المعاكس. ويجلب بتماس مع الشُغلة. الشُغلة والمنضدة يترددان بينما هما في حالة تماس مع حجر التجليخ لإزالة المادة. الشكل رقم (17- 9) يوضح جلاخة إسطوانية رقمية التحكم (*CNC*) مع تبريد. أما الشكل رقم (17- 10) فيوضح جلاخة دلفتة واسعة جداً مسيطرة عليها بالحاسوب.



الشكل رقم (17- 9): جلاخة إسطوانية رقمية التحكم (CNC) مع تبريد

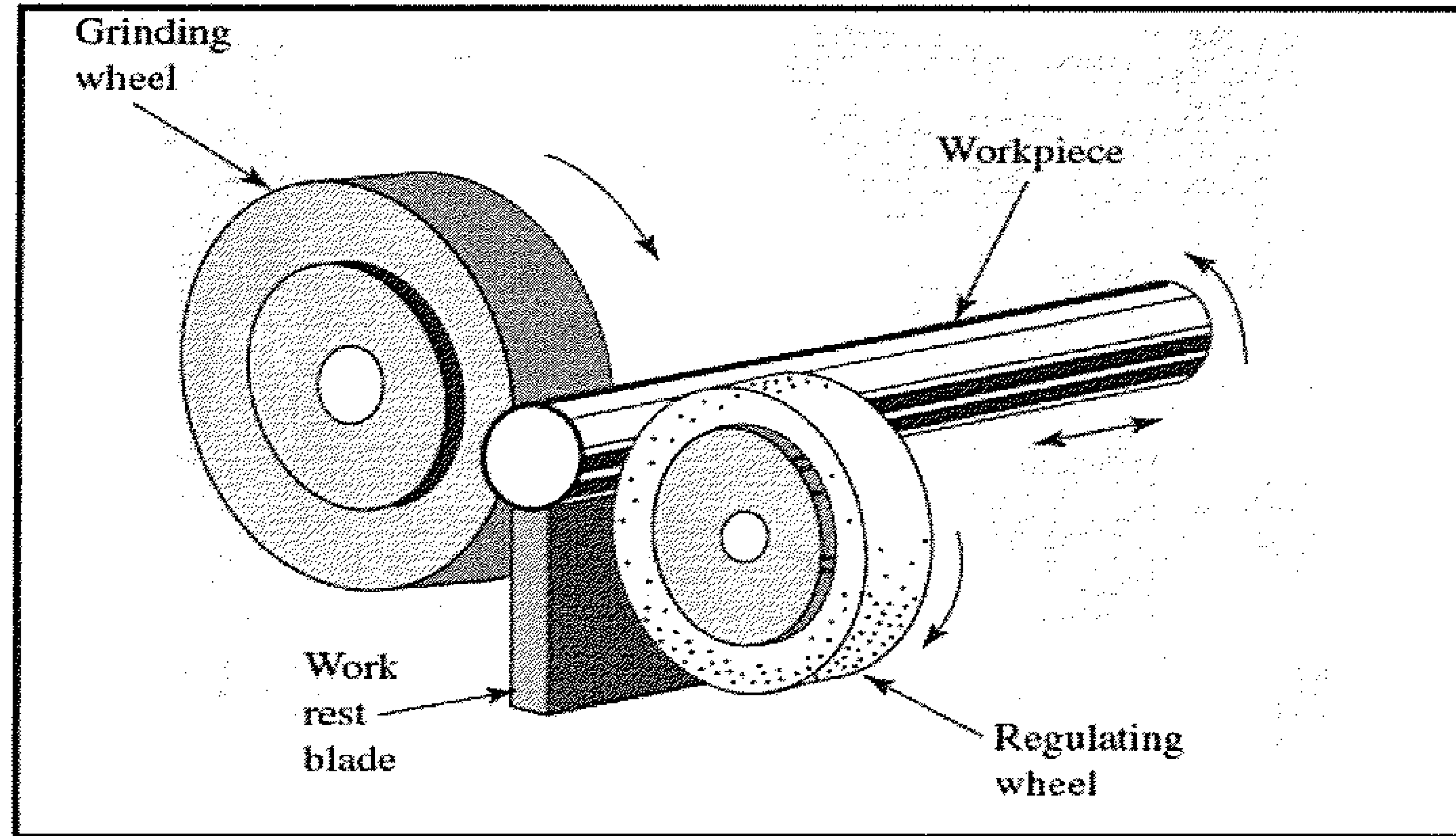


الشكل رقم (17- 10): جلاخة دلفتة واسعة ذات سيطرة بالحاسوب

أن أجهزة تثبيت الشُغلة والمُلحقات المستخدمة على الجلاخات الإسطوانية مركزية النوع تشابه لتلك المستخدمة على المخارط. الطريقة الأساسية لتثبيت الشُغلة هي بين المراكز كما موضح في الشكل رقم (17- 9). أن الرؤوس على هذه المراكز يمكن أن تكون من فولاذ السرعات العالية أو كاربيد التنكستن (الشكل رقم (4- 12)). تستخدم سوائل التزييت مع أي نوع وتوضع بين رأس المركز والتجويف المركزي في الشُغلة. ويمكن أن تستخدم الظروف المستقلة، العامة، والطوقية على الجلاخات الإسطوانية عندما تكون الشُغلة فردية الشكل (*Odd-Shape*) أو لا تتضمن تجويف مركزي ، كذلك تستخدم هذه الظروف لعمليات التجليخ الداخلي.

3.2.17 التجليخ اللامركزي (Centerless Grinding).

إن ماكنات التجليخ اللامركزي تُزيل الحاجة إلى إستخدام التجاويف المركزية للشُغلة أو الحاجة لإستخدام أجهزة تثبيت الشُغلة. في التجليخ اللامركزي، توضع الشُغلة على نصل مسند الشُغلة (*Work Rest blade*)، وتدعم بواسطة الحجر الثاني المسمى بحجر التنظيم أو التعديل (*Regulating Wheel*) وكما موضح في الشكل رقم (17- 11).



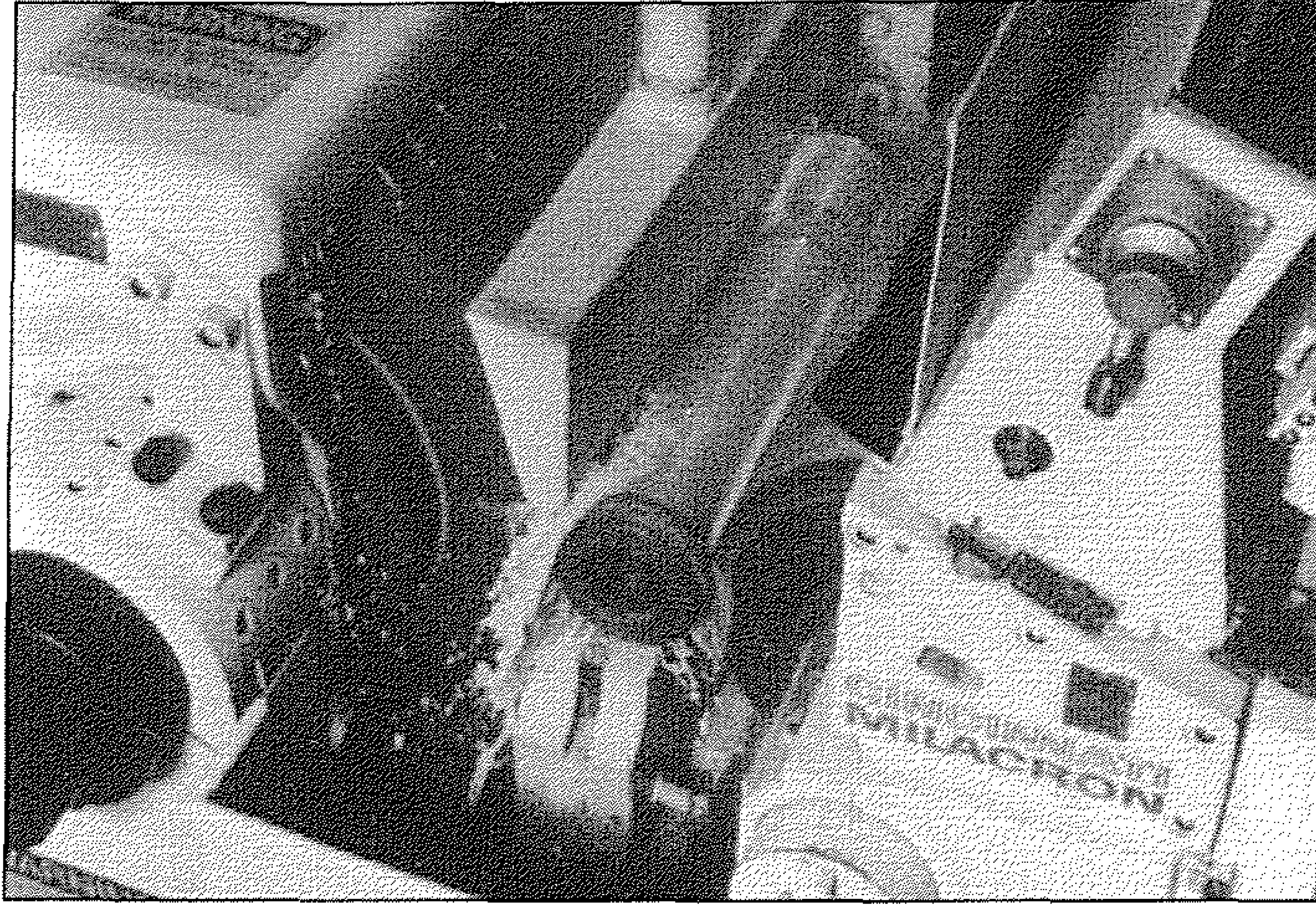
الشكل رقم (17- 11): مبدأ عمل الجلاخة اللامركزية

إن دوران حجر التجليخ يعمل على دفع الشُغلة للأسفل على نصل مسند الشُغلة وضد حجر التنظيم، ويصنع حجر التنظيم عادة من مادة رابطة مطاطية تربط المواد الحاكة ويدور بنفس إتجاه دوران حجر التجليخ ويعمل على السيطرة على التغذية الطولية للشُغلة عندما توضع عند زاوية خفيفة. وعند تغيير هذه الزاوية وسرعة الحجر يمكن تغيير معدل تغذية الشُغلة. يتم السيطرة على قطر الشُغلة بواسطة عاملين هما :

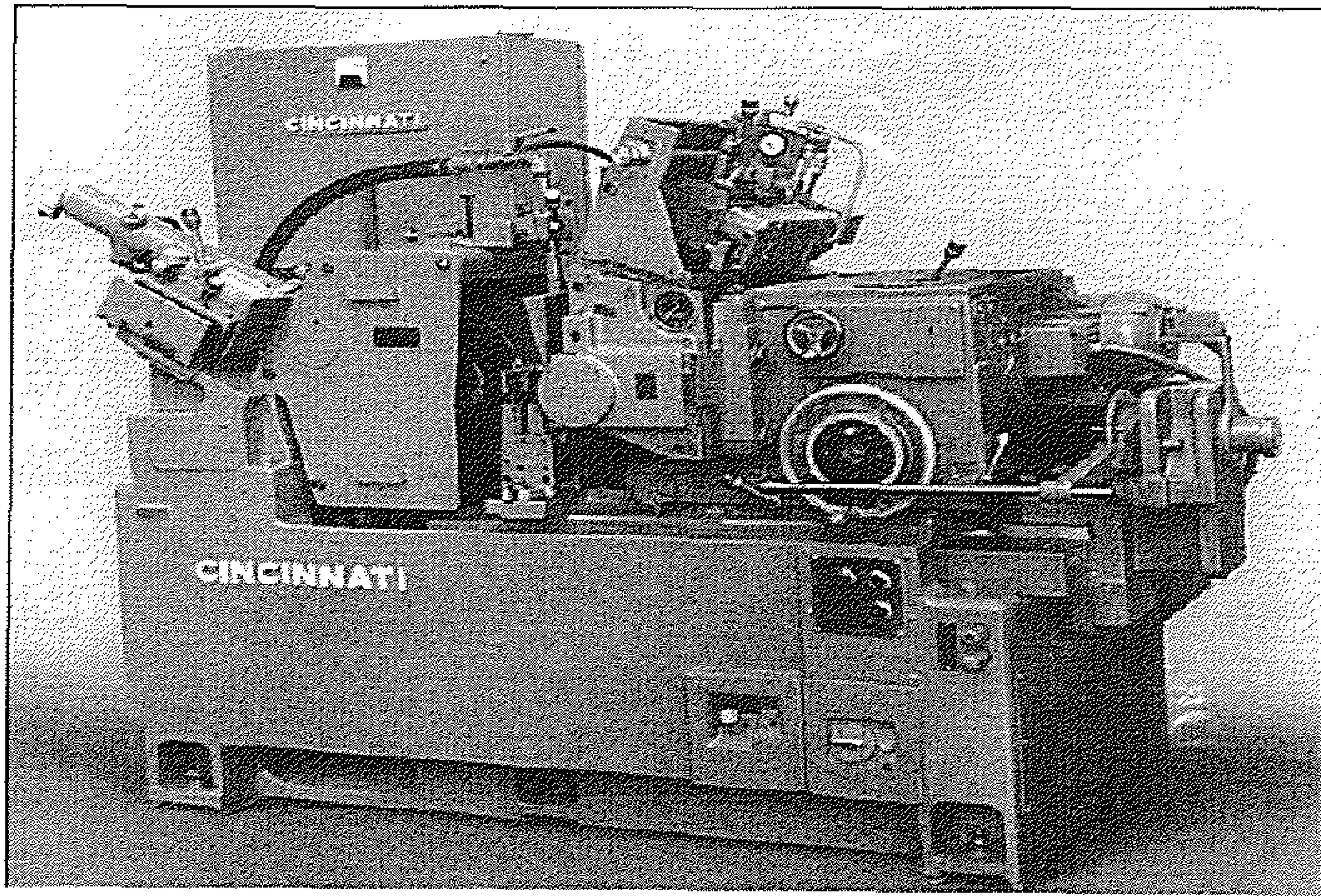
1- المسافة بين حجر التجليخ وحجر التنظيم.

2- بواسطة تغيير إرتفاع نصل مسند الشُغلة.

عملية تجليخ لامركزي نموذجية موضحة في الشكل رقم (17- 12). وجلاخة لامركزية موضحة في الشكل رقم (17- 13).



الشكل رقم (17- 12): عملية تجليخ لامركزي نموذجية

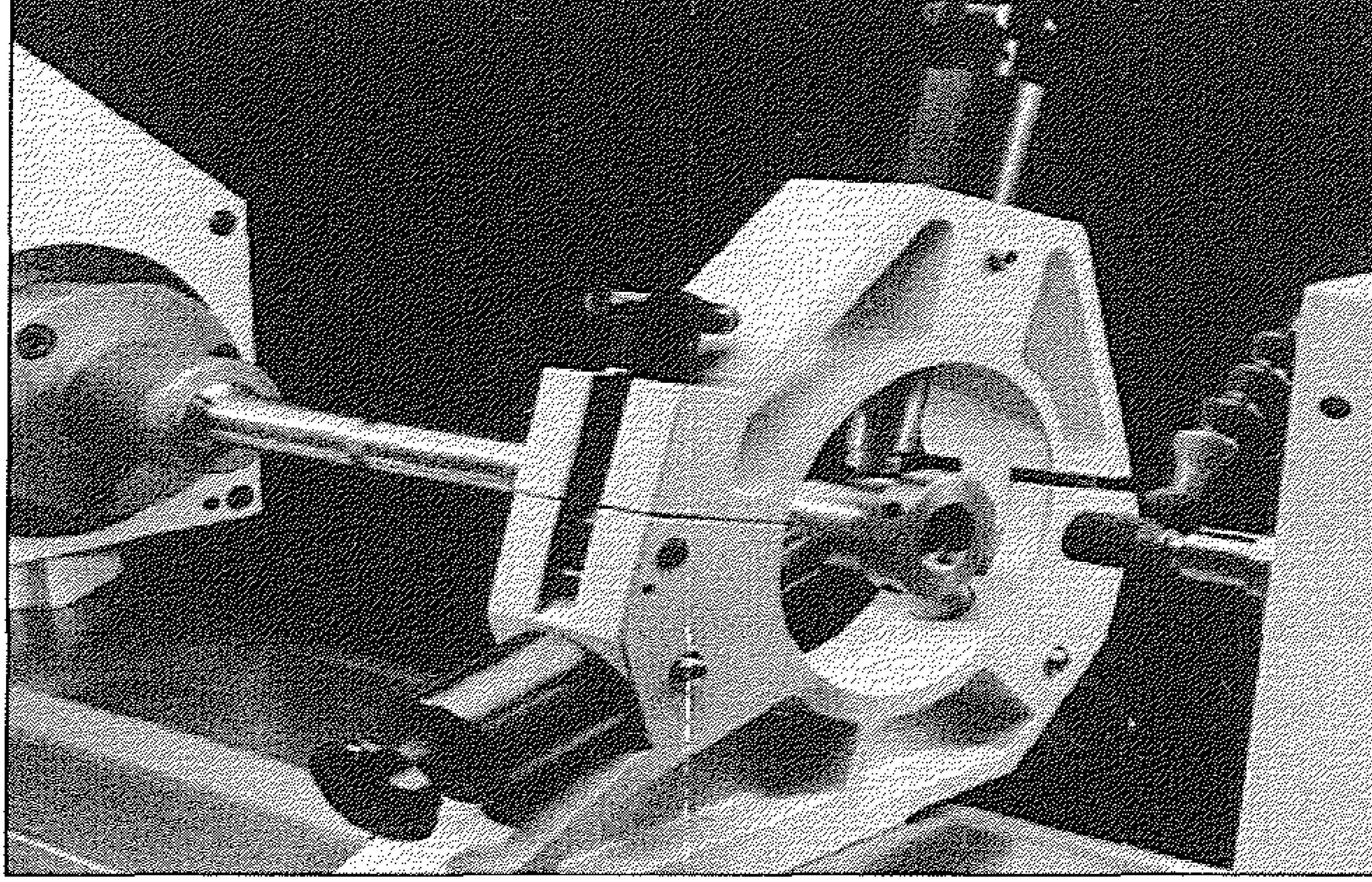


الشكل رقم (17- 13): جلاخة لامركزية

4.2.17 التجليخ الداخلي (Internal Grinding).

تستخدم الجلاخات الداخلية للإنهاء الدقيق للتجاويف المستقيمة، المستدقة، أو المشكلة. إن أكثر الجلاخات شعبية تشبه في عملها عملية التثقيب في المخرطة. تمسك الشُغلة بواسطة جهاز تثبيت الشُغلة والذي يكون ظرف أو طوق ويدور بواسطة غراب ثابت مجهز بمحرك كهربائي، وهنالك رأس محرك

منفصل بنفس الإتجاه كما هو في الشُغلة يعمل على تدوير حجر التجليخ. يمكن أن يغذى حجر التجليخ داخل وخارج الشُغلة ويُعدل لعمق القطع المطلوب. عملية تجليخ داخلي مع مسند مستقر موضحة في الشكل رقم (17- 14).



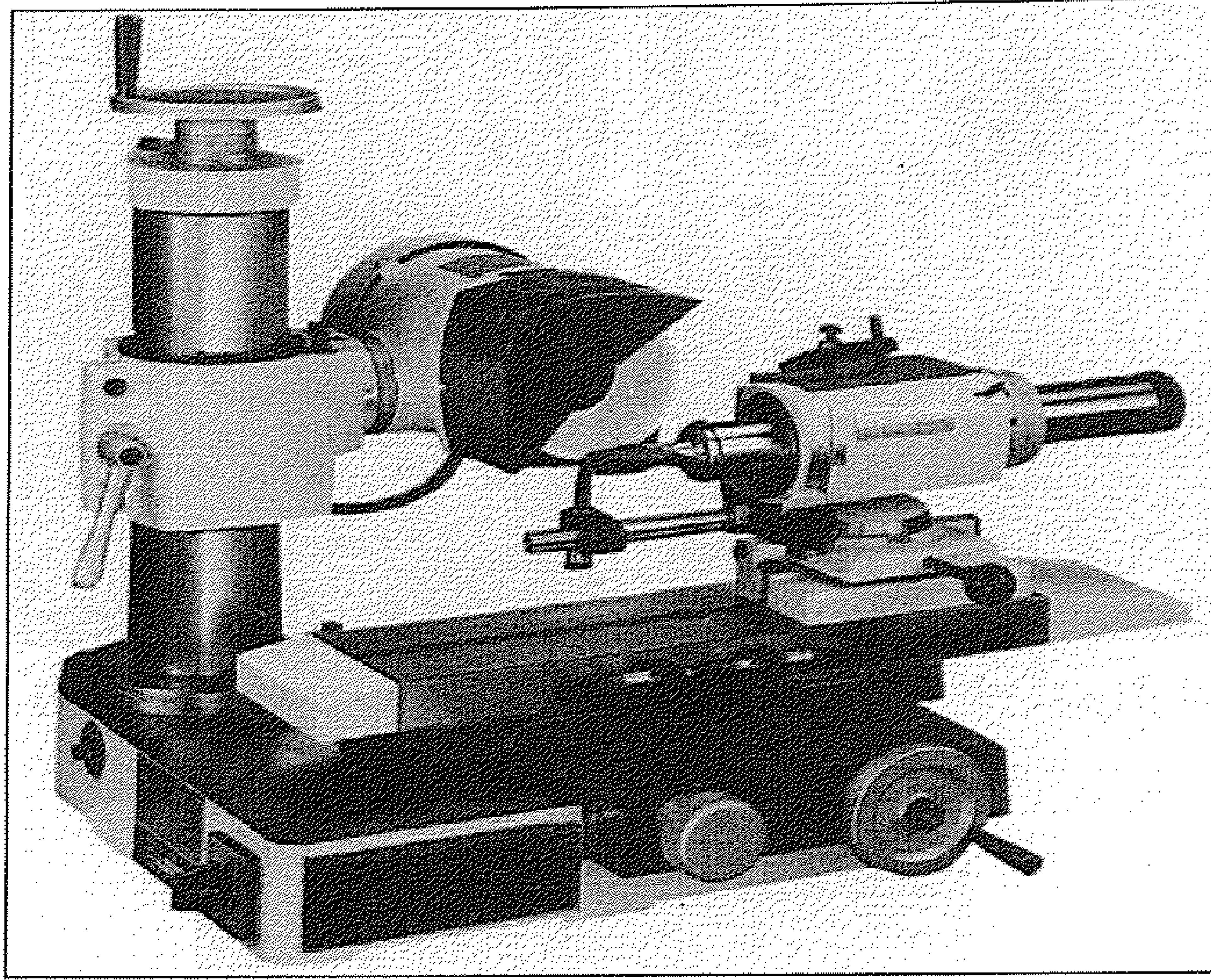
الشكل رقم (17- 14): عملية تجليخ داخلي

5.2.17 عمليات التجليخ الخاصة (Special Grinding Processes) .

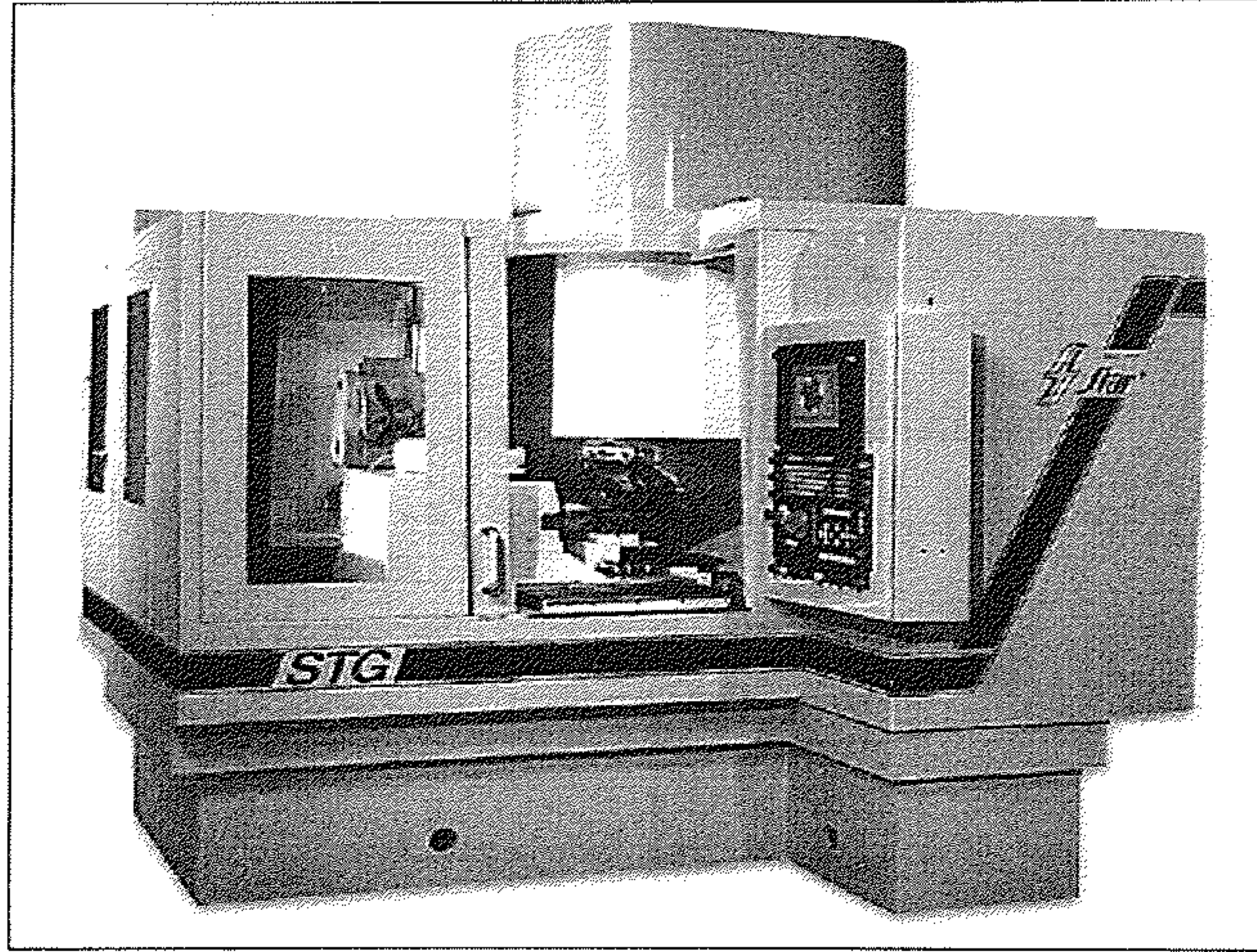
إن أنواع الجلاخات الخاصة تم صنعها لتجليخ شُغلات ثابتة وإنجاز عمليات خاصة ومن أكثر أنواع هذه الجلاخات إستخداماً هي :

1- جلاخات العُدة والقاطع (Tool and Cutter Grinders).

تم تقديم جلاخة العُدة والقاطع في الفصل الثامن. في عمليات الثقب وفي الشكل رقم (8- 12). صُممت هذه الماكنات لسن قواطع التفريز، البَراغل ، السدادات الملولبة ، وقواطع عُدد تشغيل أخرى. جلاخة عُدة وقاطع ذات منضدة علوية موضحة في الشكل رقم (17- 15). وجلاخة قاطع *CNC* ذات خمسة محاور موضحة في الشكل رقم (17- 16). وتعتبر جلاخة القاطع عامة الغرض هي من أكثر أنواع ماكنات تجليخ العُدة شعبية وتنوعاً.

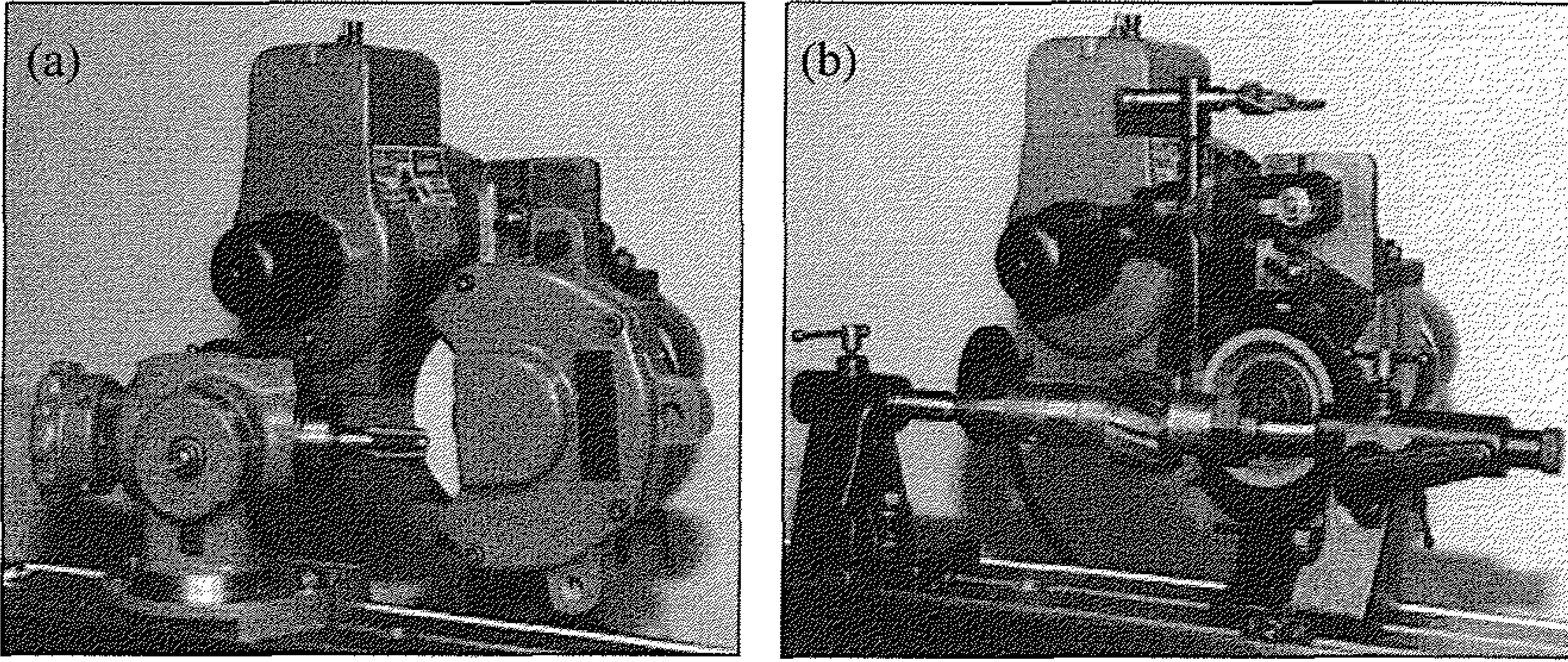


الشكل رقم (17- 15): جلاخة قاطع وعُدة ذات منضدة علوية

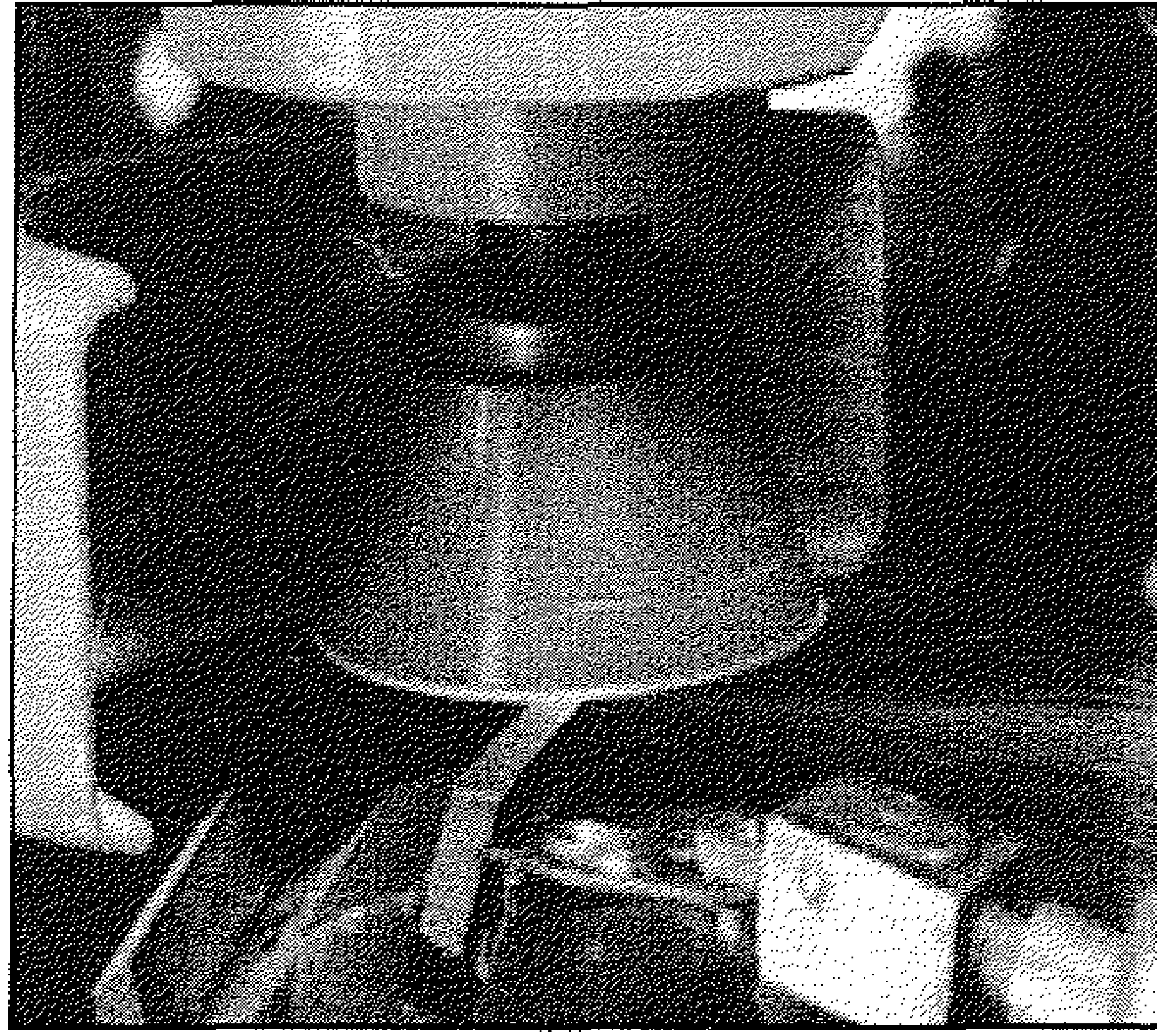


الشكل رقم (17- 16): جلاخة قاطع CNC ذات خمسة محاور

وتتوفر مُلحقات متنوعة لسَن معظم أنواع عُدد القطع. والشكل رقم (a-17-17) يوضح عملية سَن سدادة ملولبة، أما الشكل رقم (b-17-17) يوضح عملية تجليخ قاطع تفريز. وعملية سَن قاطع تفريز كاربيدي بحجر تجليخ فنجاني من الماس موضحة في الشكل رقم (17- 18).



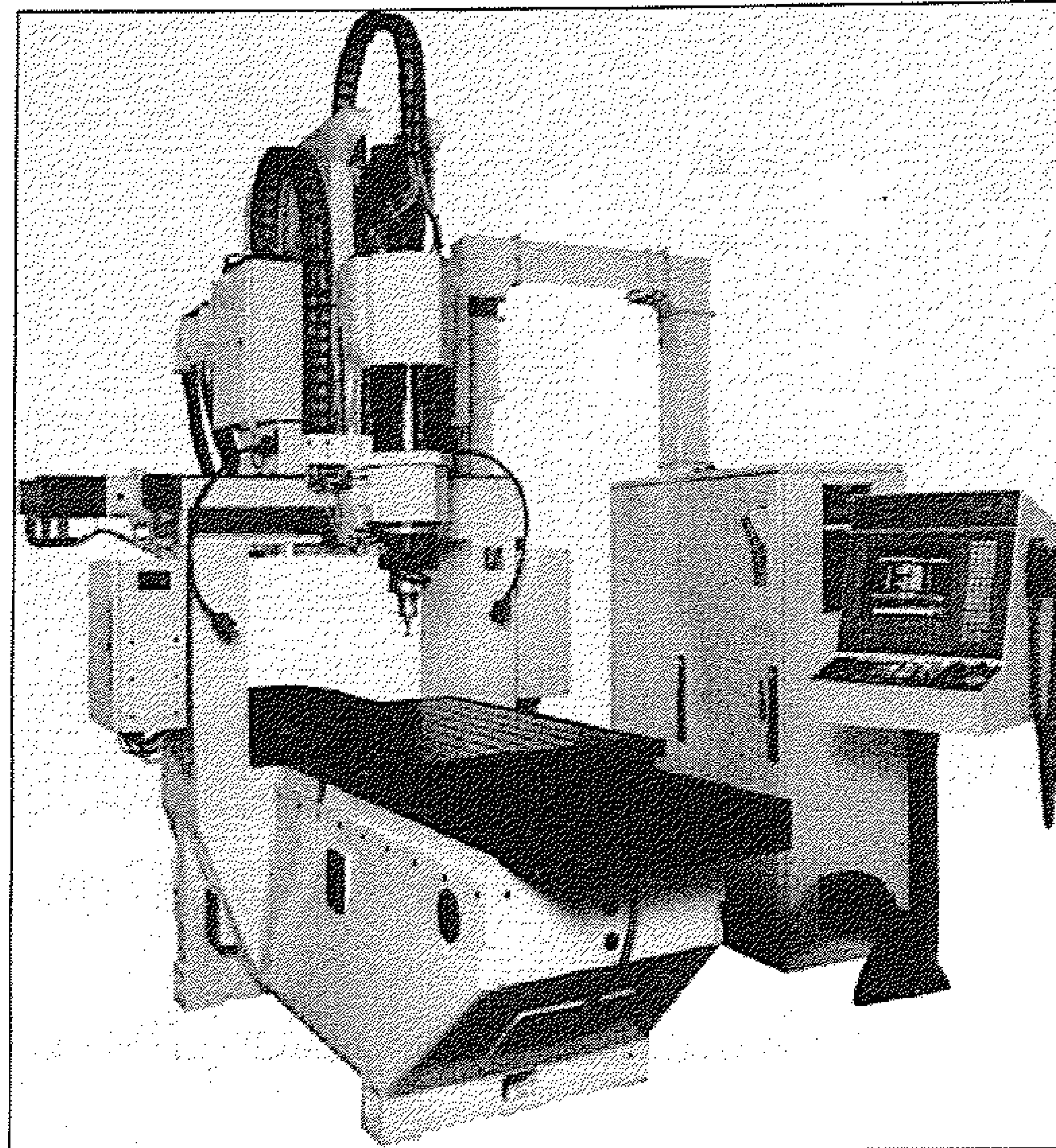
الشكل رقم (17- 17): a - سَن أو شحذ سدادة ملولبة b- سَن أو شحذ قاطع



الشكل رقم (17- 18): عملية سَن قاطع تفريز كاربيدي بحجر تجليخ فنجاني من الماس

2- **ماكنات التجليخ ذات دليل التشغيل** (Jig Grinding Machines).

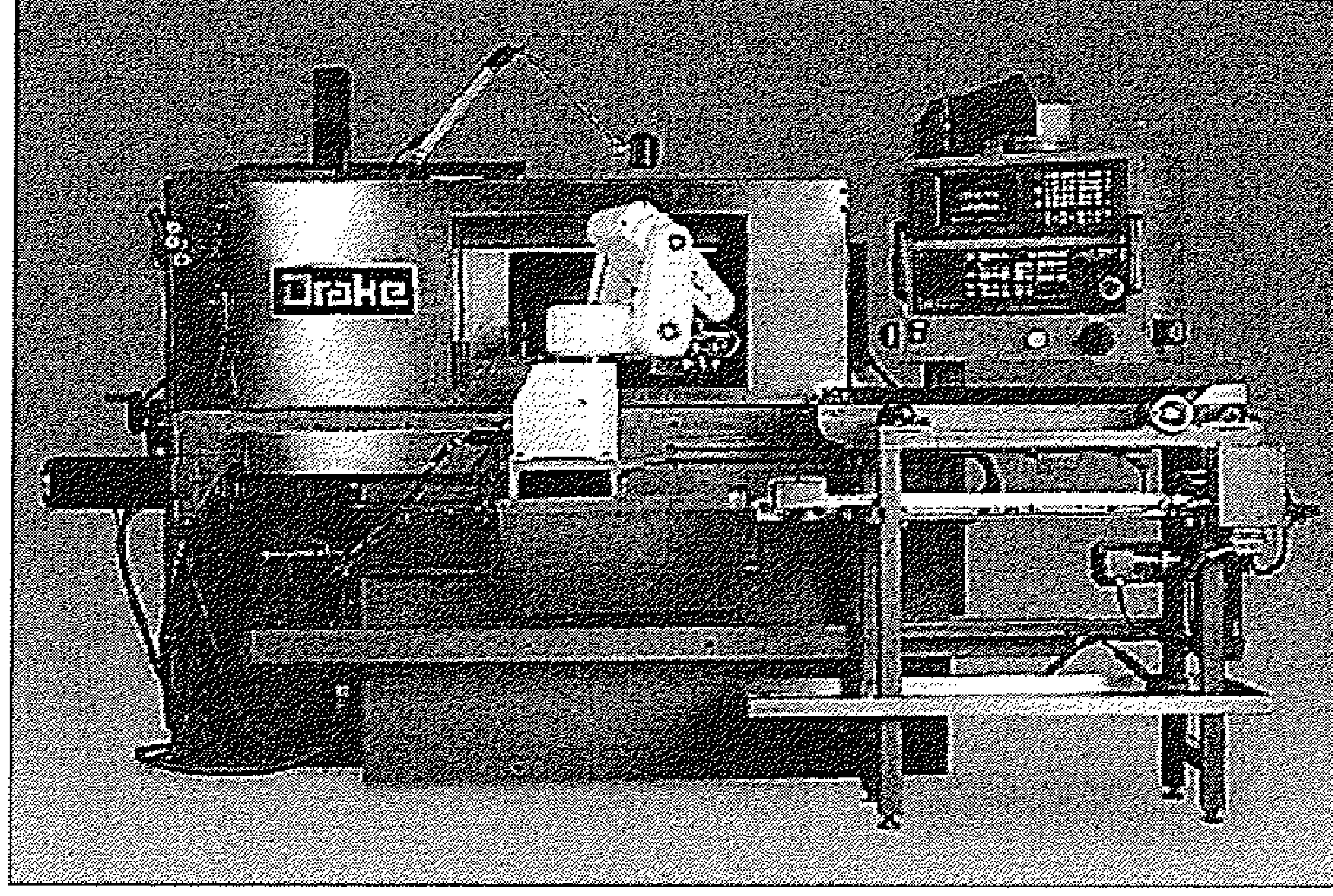
الجلاخات ذات دليل التشغيل طُورت للتجليخ الدقيق والموضعي للثقوب المستدقة أو المستقيمة. تُجهز جلاخات دليل التشغيل بعمود دوران عمودي ذو سرعة عالية لمسك وإدارة حجر التجليخ. تستخدم هذه الجلاخات نفس نظام التحديد الدقيق (*Precision Locating System*) والمُستخدم في المَثاقب ذات الدليل. الشكل رقم (17- 19) يوضح جلاخة ذات دليل تشغيل مُتصل المسار بخمسة محاور.



الشكل رقم (17- 19): جلاخة دليل تشغيل متصل المسار بخمسة محاور

3- ماكنات تجليخ السِن (Thread Grinding Machines).

تشبه هذه الجلاخات الجلاخة الإسطوانية، ويجب أن تمتلك جلاخة السِن عمود سحب دقيق لإنتاج الخطوة الصحيحة أو خطوة الجزء المسن (*Lead*) على الجزء المسنن. تمتلك ماكنات تجليخ السِن كذلك وسائل للتسوية أو التقويم لمحيط القطع الخاص بحجر التجليخ، بحيث إنها تنتج شكل سِن دقيق على الجزء. الشكل رقم (17- 20) يوضح جلاخة سِن (*CNC*) مع نظام تحميل آلي وبرامج تشغيل.



الشكل رقم (17- 20): جلاخة سِن CNC مع نظام تحميل آلي

3.17 تجليخ تغذية – الزحف (Creep – Feed Grinding) .

إن التجليخ يكون بصورة عامة مرافق لمعدلات صغيرة لعمليات إزالة المعدن والإنهاء الناعم. على أية حال، يمكن إستخدام التجليخ لعمليات إزالة مقدار كبير من المعدن مشابهة للتفريز، تخليق الثقوب، والتخطيط (*Planning*). في تجليخ تغذية - الزحف الذي طُور في أواخر عام 1950، يقطع الحجر بعمق أكثر من ("0.25)، وسرعة شُغلة بطيئة. وتكون الأحجار المستخدمة ذات مرتبة لينة مع مادة رابطة راتنجية بتركيب مفتوح للمحافظة على درجات الحرارة الواطئة وتحسين الإنهاء السطحي.

تمتلك الآلات المستخدمة لتجليخ تغذية الزحف ميزات خاصة مثل القدرة العالية فوق (300 *hp*)، الجساءة العالية، سعة تخميد عالية، سرعات عمود الدوران ومنضدة العمل المتغيرة، والسعة الكبيرة لتجليخ الموائع. ومن خلال موقعها التنافسي مع بقية عمليات إزالة المعدن، يتضح بأن تجليخ تغذية - الزحف يمكن أن يكون إقتصادياً لتطبيقات معينة مثل المثاقب المُشكلة، أخاديد المِثقب الحلزوني، وأجزاء متنوعة للسبيكة الفائقة.

يتم تسوية الحجر لشكل الشُغلة المراد إنتاجها، لذلك لا يجب أن تكون الشُغلة مُفرزة، مُشكلة، أو مثقوبة مسبقاً. لذلك المسبوكات والشُغلات المُشكلة

بالحدادة القريبة من الشكل النهائي هي أجزاء ملائمة لتجليخ تغذية الزحف. وعلى الرغم من أن شوط واحد هو كافٍ للتشغيل ولكن الشوط الثاني يمكن أن يكون ضروري لتحسين الإنهاء السطحي.

4.17 بلى حجر التجليخ (Grinding Wheel Wear).

ويمكن أن يحدث بلى الحجر بأحد العوامل الآتية :

1- التآكل الإحتكاكي (البَري) (Attrition or Wearing Down).
2- تشظي الحبيبات (Shattering of The Grains).
3- تكسر الرابط (Break of The bond).

في معظم عمليات التجليخ، تكون هذه الآليات الثلاث مؤثرة إلى مدى معين. إن التآكل الإحتكاكي غير مرغوب به بسبب كون الحُبيبات المثلومة تعمل على خفض كفاءة العملية، منتجة زيادة في إستهلاك الطاقة وتوليد درجات حرارة سطح أعلى، وفي النهاية تضرر السطح. على أية حال، يجب أن يصل التآكل الإحتكاكي لبعض الإمتداد مع القوى المتزايدة على الحُبيبة حتى تصبح عالية بشكل كافٍ لتشظي الحُبيبة أو كسر الرابط الذي يمسك الحُبيبة المثلومة.

إن فعل كسر الحُبيبات وخروجها بعيداً يخدم ببقاء الحجر حاد وبدون بلى مفرط. وعلى أية حال، فأن الحُبيبات يحبب أن تُكسر أخيراً من الرابط أو يجب تسوية الحجر. إن التمزق يسمح بالتخلص من الحُبيبات المثلومة، كاشفاً حافات جديدة وحادة. إذا حصل هذا الشيء بسهولة كبيرة فأن قطر الحجر سوف يبلى بسرعة كبيرة، وهذا الشيء سوف يرفع تكاليف الحجر ويُعيق الحصول على الحجم أو المقياس المضبوط على الأجزاء المتتابعة.

1.4.17 بلى التآكل الإحتكاكي (البَري) (Attrition Wear).

بلى التآكل الإحتكاكي مسؤول عما يسمى بالحجر المزجج *(Glazed Wheel)*، والذي يحدث عندما تبلى المساحات المنبسطة أو تتآكل على الحُبيبات الحاكة ولكن القوى لا تكون عالية بشكل كافٍ لكسر الحُبيبات المثلومة وخروجها من وجه الحجر. ويتم وقف التجليخ الفعال بواسطة الحجر المزجج وذلك عندما تصبح القوة نصف القطرية عالية بحيث لا تستطيع الحُبيبة إختراق سطح الشُغلة بشكل أطول لتكوين الرايش.

بلى التآكل الإحتكاكي للحجر أو ما يسمى أيضاً بالبَري يحدث غالباً بشكل أكثر عند تنفذ قطوعات ناعمة بمواد حاكة صلدة. والمفروض أخذ قطوعات أعنف أو إستخدام حجر لين والذي سوف يسمح بتجنب كسر الحُبيبات وخروجها.

2.4.17 كسر الحُبيبة (Grain Fracture).

إن القوى التي تسبب تشظي الحُبيبة يمكن أن تنشأ من قوى القطع الفاعلة على الحجر، الظروف الحرارية، تحميل الصدمة الحرارية، فعل اللحام بين الحُبيبة والرايش، أو مجموعة من هذه العوامل. هذا النوع من بلى الحجر يكون مرغوباً به في تجليخ الإنهاء لأنه يحافظ على الحافات الحادة مكشوفة، ويبقي النتائج في أقل معدل لبلى الحجر.

وبمرور الوقت، يمكن أن يصبح الحجر محشواً ومُحَمل بالرايش وكثير الضجة ويحتاج إلى تسوية، ويتم ذلك بأخذ عمق قطع قليل بواسطة الماس بحيث تُزال الطبقة المحشوة بالمعدن ولا يندفع الرايش بشكل أكثر داخل الحجر، وبعدها يجب أن يُسوى نهائياً حسب متطلبات التطبيق.

3.4.17 كسر الرابط (Bond Fracture).

من المرغوب به كسر الحُبيبة البالية وخروجها من الحجر بحيث تتكشف حافات قطع جديدة. إن هذا الكسر للرابط يجب أن يتقدم بسرعة كافية بحيث تكون الحرارة المتولدة منخفضة بشكل مناسب لتجنب ضرر السطح. من ناحية أُخرى، فأن كسر الرابط يجب أن يكون بطيء بشكل كافٍ بحيث لا ترتفع كلفة الحجر. وهذا يعني إختيار مرتبة الحجر الملائمة للعمل. إن صلادة الرابط المعنية تكون مطلوبة لمسك الحُبيبة في مكانها، حيث الأحجار اللينة تتفتت بسرعة كبيرة، بينما الأحجار الصلدة تمسك الحُبيبة المثلومة لمدة أطول.

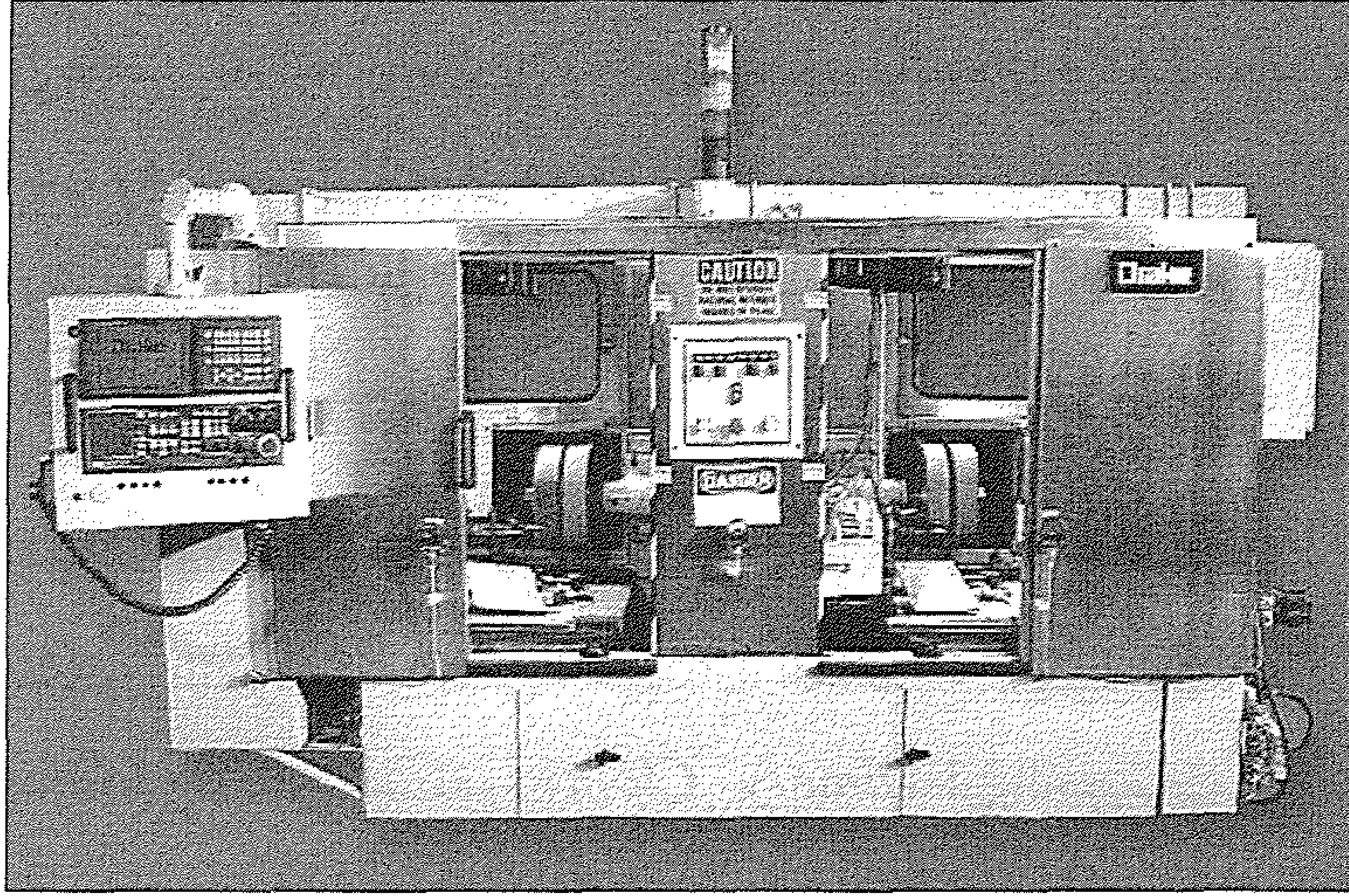
5.17 الحُبيبات الحاكة المطلية (Coated Abrasives).

إن المثالين النموذجيان على الحُبيبات الحاكة المطلية هما ورق السنفرة (*Sand Paper*) وقماش السنفرة (*Emery Cloth*). أن الحُبيبات المستخدمة في الطلاء تكون مستدقة بشكل أكبر عما هو في تلك المستخدمة في أحجار التجليخ. يتم ترسيب الحُبيبات إلكتروستاتيكياً على مادة ساندة مرنة، مثل الورق أو القماش، وتكون الأرضية أو الطلاء من الراتنج. وتتوفر المواد الحاكة المطلية بشكل ألواح، أحزمة، وأقراص وعادة تمتلك تركيب مفتوح بشكل أكثر مما عليه في الحُبيبات في أحجار التجليخ. تستخدم الحُبيبات الحاكة المطلية بشكل واسع في إنهاء السطوح المنبسطة أو المنحنية للأجزاء المعدنية أو اللامعدنية وأعمال النجارة، ويعتمد السطح الناتج بعد الإنهاء بشكل أساسي على حجم الحُبيبات.

6.17 تشغيل الحزام الحاك (Abrasive Belt Machining).

تستخدم الحُبيبات الحاكة المطلية كذلك كأحزمة لمعدل إزالة مادة عالية. تجليخ الأحزمة أصبح عملية إنتاج مهمة وفي بعض الحالات يحل محل عمليات التجليخ التقليدية مثل تجليخ أعمدة الحدبات. تقع سرعات الحزام عادة

ضمن المدى (6000 ft\min - 2500 ft\min). تتطلب الماكنات الخاصة بعمليات الحزام الحاك مسند حزام مناسب وتركيب ثابت لخفض الإهتزاز. الشكل رقم (17- 21) يوضح ماكنة *CNC* متعددة المحاور مزدوجة الموقف لتجليخ الحزام مع إدارة رقمية بالبرامج الحاسوبية.



الشكل رقم (17- 21): ماكنة تجليخ أحزمة CNC مزدوجة الموقف

7.17 نسبة التجليخ (G-ratio) .

نسبة التجليخ (*G*) هي نسبة مقدار الخام المُزال إلى مقدار البلى على الحجر وتقاس بالإنج المكعب لكل دقيقة (in^3 \min). وهذه النسبة تختلف في القيم حيث تتراوح (1- 5) في التجليخ الخشن وفوق (25- 50) في تجليخ الإنهاء. إن نسبة التجليخ العالية غير ضرورية إقتصادياً حتى لو كانت أحجار التجليخ مُكلفة، وهذا يعني معدل إزالة خام أبطأ وغالباً يجب أخذ بعض التجريب لإيجاد نظام الحجر- المعدن المضبوط الذي يكون أكثر إقتصادية للعمل.

8.17 قابلية التجليخ (Grindability).

تشبه قابلية التجليخ من حيث الإسلوب قابلية التشغيل، وربما يظن أنها كالسهولة التي عندها يمكن إزالة المادة من الشُغلة بواسطة فعل حجر التجليخ. ويمكن إعتماد الإنهاء السطحي، إستهلاك الطاقة، وعُمر العُدة (الحجر) كقاعدة أساسية لقابلية تجليخ المعادن بالإضافة إلى إنه هنالك عوامل مهمة لتكوين الرايش وقابلية التأثر لضرر الشُغلة، حيث الرايش الذي يؤدي إلى حشو الحجر يعتبر متلف. إن الشيء الأكثر أهمية في تركيب الماكنة والذي يؤثر على قابلية التشغيل هو سرعة القطع، والتي لا تعتبر مهمة بشكل كبير في تأثيرها على قابلية التجليخ، لأن التجليخ ينفذ عند سرعات ثابتة بشكل أكثر أو أقل، وبدلاً عن ذلك يصبح العامل المهم هو طبيعة حجر التجليخ. والعوامل التي تؤثر على قابلية التجليخ هي :

1- حجم الحُبيبة الحاكة.

2- المادة الرابطة.

3- الصلادة.

4- التركيب الهيكلي للحجر.

وقد تم مناقشة مشاكل مادة العُدة ومتغيرات التشكيل أو الهيئة بإتصال مع قابلية التشغيل. في عمليات التجليخ مثل عمل إزالة الزوائد، والقطع، الإنهاء السطحي، وحتى الضرر الميتالورجي للشُغلة يمكن أن يصبح غير مهم نسبياً. في حين يصبح عُمر الحجر ومعدل القطع الذي يمكن الحصول عليه يصبح كقاعدة أساسية لقابلية التجليخ . إن أفضل طريقة لحساب قابلية التجليخ هي البدء بإختيار الحجر المناسب.

نبدأ مع المرتبة الموصى بها من قبل المصنعين لظروف العمل، بعد ذلك يجري إختبار الأحجار على كل جانب للمرتبة تعمل هذه، حيث يمكن أن يلاحظ أي تحسين أو هبوط في فعل التجليخ، كدليل من بلى الحجر، إنهاء السطح أو ضرر

الشُغلة. وبعد إختيار الحجر المناسب يمكن الحصول على بيانات عُمر الحجر. وعادة هذا الشيء يمكن أن يُنجز أثناء دورة الإنتاج. وبعض العوامل التي تؤخذ بنظر الإعتبار لإنشاء بيانات معدلات قابلية التجليخ تم مناقشتها في الأمثلة التالية للمعادن المُنجزة بالتجليخ :

1- **الكاربيد المسمنت** (Cemented Carbide).

هذه المادة لايمكن تجليخها بأحجار أوكسيد الألمنيوم، مع أنه يمكن تجليخ الكاربيد المسمنت بأحجار كاربيد السليكون النقية. نسبة التجليخ لهذه المادة منخفضة جداً ويمكن أن تتضرر المادة بسهولة. يمكن أن يجلخ الكاربيد بأحجار الماس بسهولة أذا تم أخذ قطوعات خفيفة لمنع الضرر للشُغلة. على أية حال، أحجار حُبيبات الماس هي غالية جداً . قابلية التجليخ لهذه المادة هي واطئة جداً.

2- **فولاذ السرعات العالية** (High Speed Steel).

فولاذ السرعات العالية المصلد يمكن أن يجلخ بنجاح تام بأحجار حُبيبات أوكسيد الألمنيوم. ولكن نسبة التجليخ له منخفضة والطاقة النسبية المستهلكة عالية وإحتمالية الضرر للشُغلة موجودة دائماً. قابلية التجليخ الكلية منخفضة تماماً.

3- **الفولاذ المُصلد** (Hardened Steel).

السبيكة متوسطة الصلادة أو أنواع الفولاذ الكاربوني العادي تكون سهلة التجليخ بأحجار أوكسيد الألمنيوم. تكون نسبة التجليخ جيدة، وضرر الشُغلة ليس بمشكلة جدية، والطاقة النسبية المستهلكة معتدلة. معدل قابلية التجليخ جيد.

4- **الفولاذ اللين** (Soft Steel).

أنواع الفولاذ الكاربوني العادي المُلدنة تجلخ مع طاقة مستهلكة واطئة نسبياً، وتكون أحجار أوكسيد الألمنيوم مرضية في تجليخها. نسبة التجليخ تكون عالية تماماً، ولكن الضرر السطحي يمكن أن يحصل. كمجموعة، هذه المواد تمتلك قابلية تجليخ جيدة.

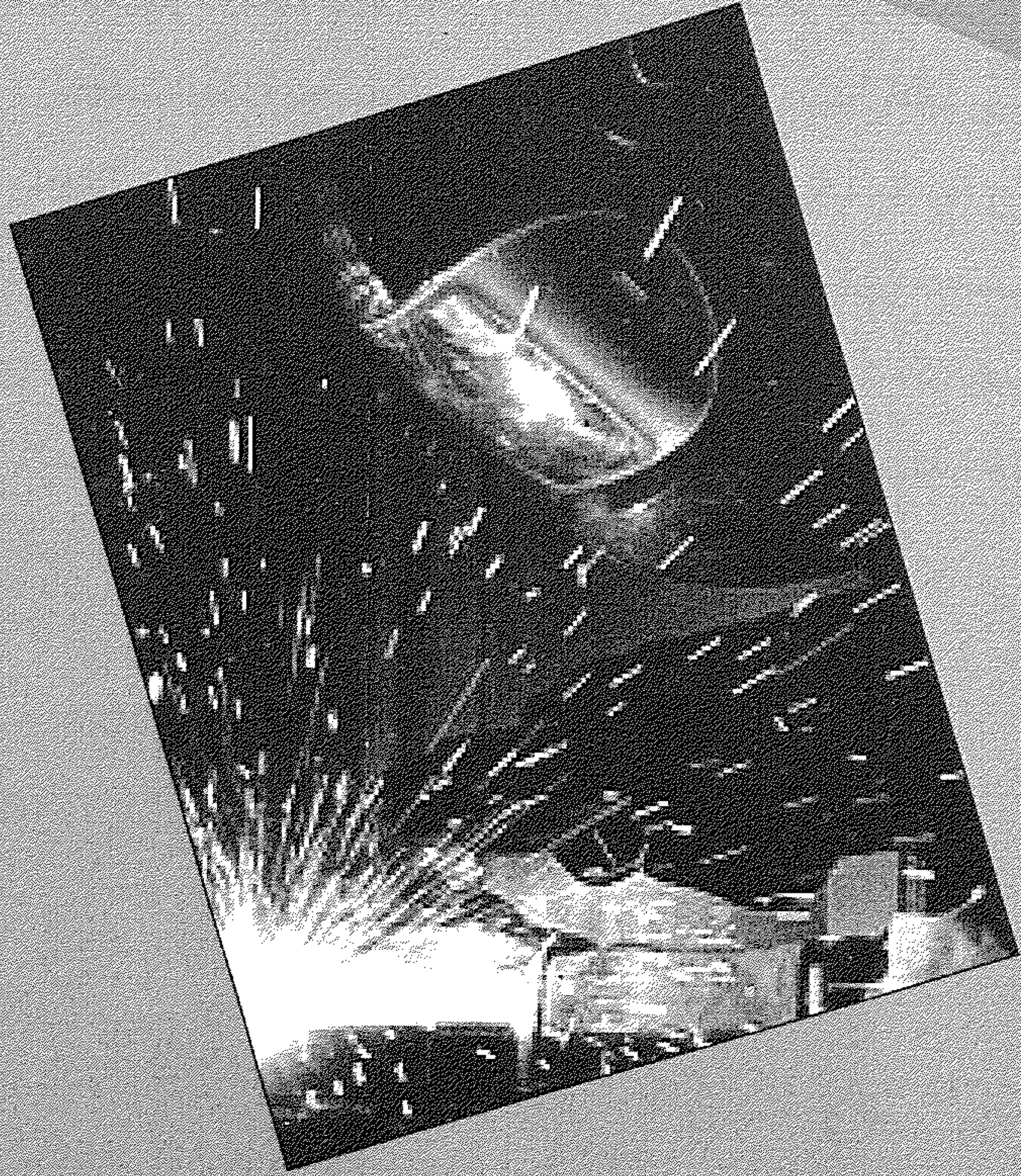
5- **سبائك الألمنيوم** (Aluminum Alloys).

هذه السبائك اللينة تجلخ مع طاقة مستهلكة واطئة تماماً ولكنها تميل لحشو الحجر بسرعة. تكون الحاجة في تجليخها إلى أحجار ذات تركيب مفتوح جداً. تمتلك نسب تجليخ جيدة ويمكن أن يعمل كاربيد السيلكون بشكل جيد في تجليخها ويمكن أن يحل التجليخ بالحزام محل الحجر في بعض الحالات.

الفصل الثامن عشر

التجليخ بالتحضين والشحذ

Lapping and Honing



18

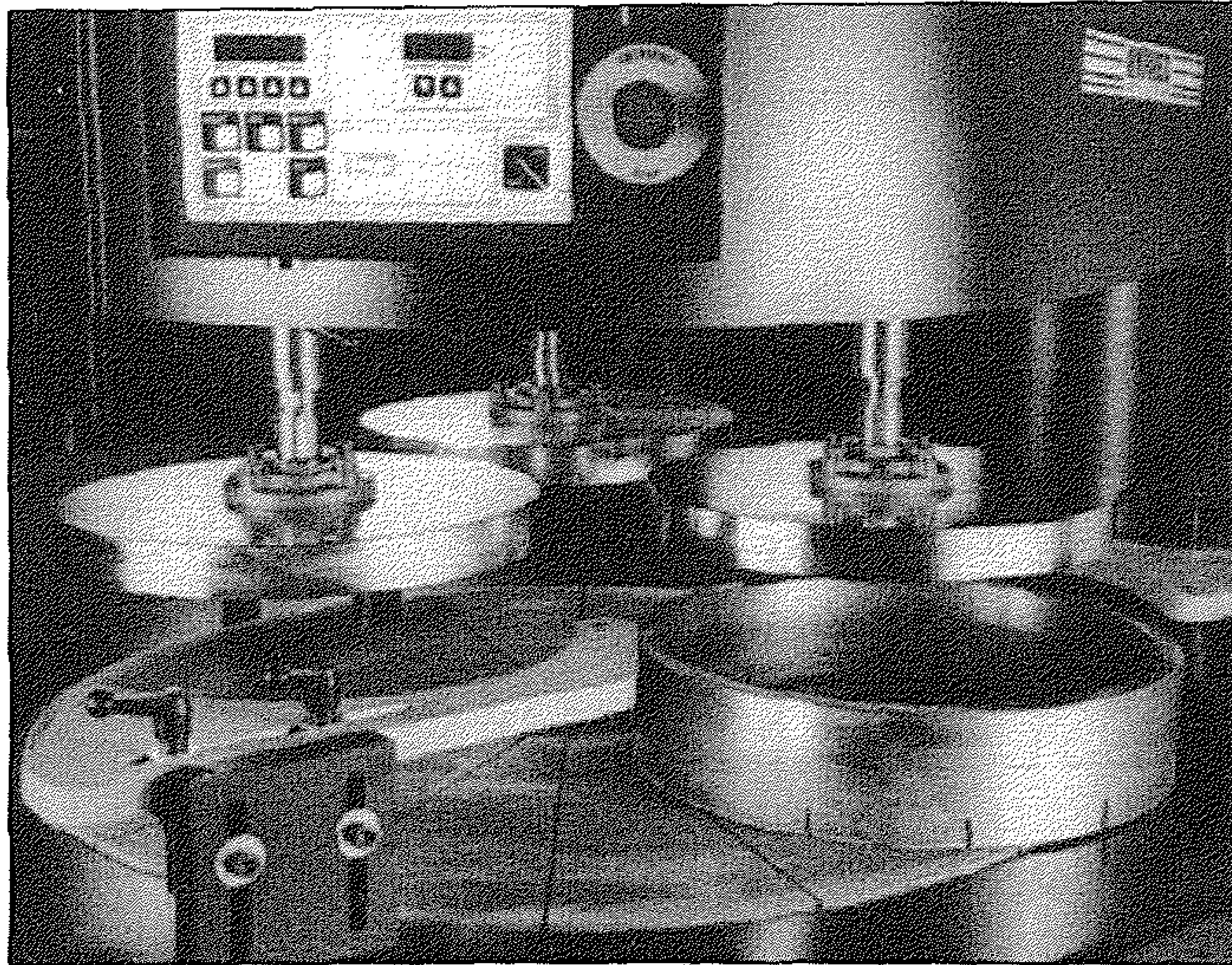
الفصل الثامن عشر

التجليخ بالتحضين والشحذ

Lapping and Honing

1.18 المقدمة (Introduction).

التجليخ بالتحضين (*Lapping*) هو عملية إنهاء حاكة نهائية التي تنتج أقصى دقة أبعاد، تصحيح العيوب الصغيرة في الشكل، تنعيم إنهاء السطح، وإنتاج توافق دقيق بين السطوح المتداخلة. ينفذ أكثر التجليخ بالتحضين مع عُدد مسطحة أو أحجار (حجر التحضين- *Lap*)، ودقائق حاكة مفككة الحُبيبات، تُعلق في حامل لزج أو سائل مثل زيت ذائب، زيت معدني، أو شحم. عملية تجليخ بالتحضين نموذجية موضحة في الشكل رقم (18- 1).



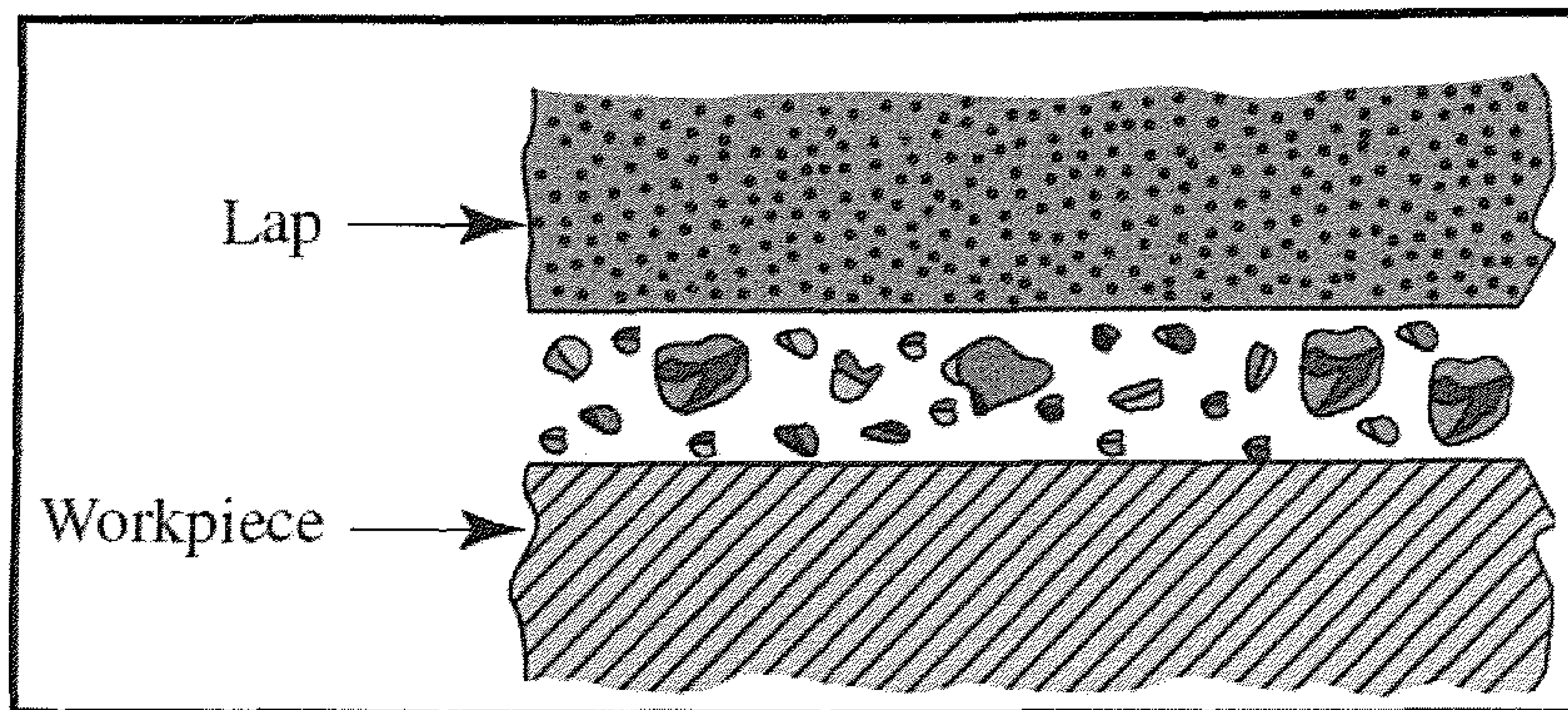
الشكل رقم (18- 1): ماكنة تجليخ بالتحضين نموذجية

الشحذ هو عملية سحج (*Abrading*) واطئة السرعة. إزالة المادة تنجز عند سرعات قطع منخفضة عما هو في التجليخ. لذالك الحرارة والضغط ينخفضان، منتجة سيطرة ممتازة على الحجم والهندسية. التطبيق الأكثر شيوعاً للشحذ هو على السطوح الإسطوانية الداخلية. يحصل على فعل القطع بإستخدام قضبان حاكة تثبت على قلب المعدن. بما أن الشُغلة تثبت بطريقة بحيث تسمح بالتعويم (*Floating*)، وبدون مَسك أو تظريف، فأنه ليس هنالك إلتواء.

2.18 عمليات التجليخ بالتحضين (Lapping Processes) .

الإستخدام الأساسي لعملية التجليخ بالتحضين هي للحصول على سطوح مسطحة وناعمة أو صقيلة بشكل تام. يستخدم التجليخ بالتحضين لإنهاء الشُغلة المدورة، مثل محددات القياس السدادية (*Plug Gages*) لتفاوتات (˝0.0005- ˝0.00002). إن الشُغلة التي يُراد تجليخها يجب أن تُنهى مسبقاً للحجم النهائي بشكل دقيق جداً . بما أن التجليخ بالتحضين الخشن يمكن أن يُزيل معدن مُعتبر، فأنه من المألوف ترك فقط خام بمقدار (˝0.0005- ˝0.005) لتتم إزالته. على الرغم من كون التجليخ بالتحضين عملية حاكة، إلا أنه يختلف عن التجليخ (*Grinding*) أو الشحذ بسبب إنه يستخدم الحُبيبات "الحاكة المفككة" أو السائبة بدلاً من الحُبيبات الحاكة المربوطة مثل أحجار التجليخ (الشكل رقم (18- 2)).

هذه الحُبيبات الحاكة غالباً تُشترى "مخلوطة مسبقاً" في حامل (*Vehicle*) وغالباً تصنع مع الصابون، الزيت، أو قاعدة شحم. هذه الحاملات تمسك الحُبيبات الحاكة في عالق قبل وأثناء الإستخدام. وعموماً تستخدم الحُبيبات الحاكة العجينية في عمليات التجليخ بالتحضين اليدوية. وللتجليخ بالتحضين الآلي يخلط زيت خفيف مع حُبيبات حاكة جافة بحيث إنها يمكن إن تضخ على السطح المجلخ أثناء عملية التجليخ بالتحضين.



الشكل رقم (18- 2): الحُبيبات الحاكة المفككة في التجليخ بالتحضين

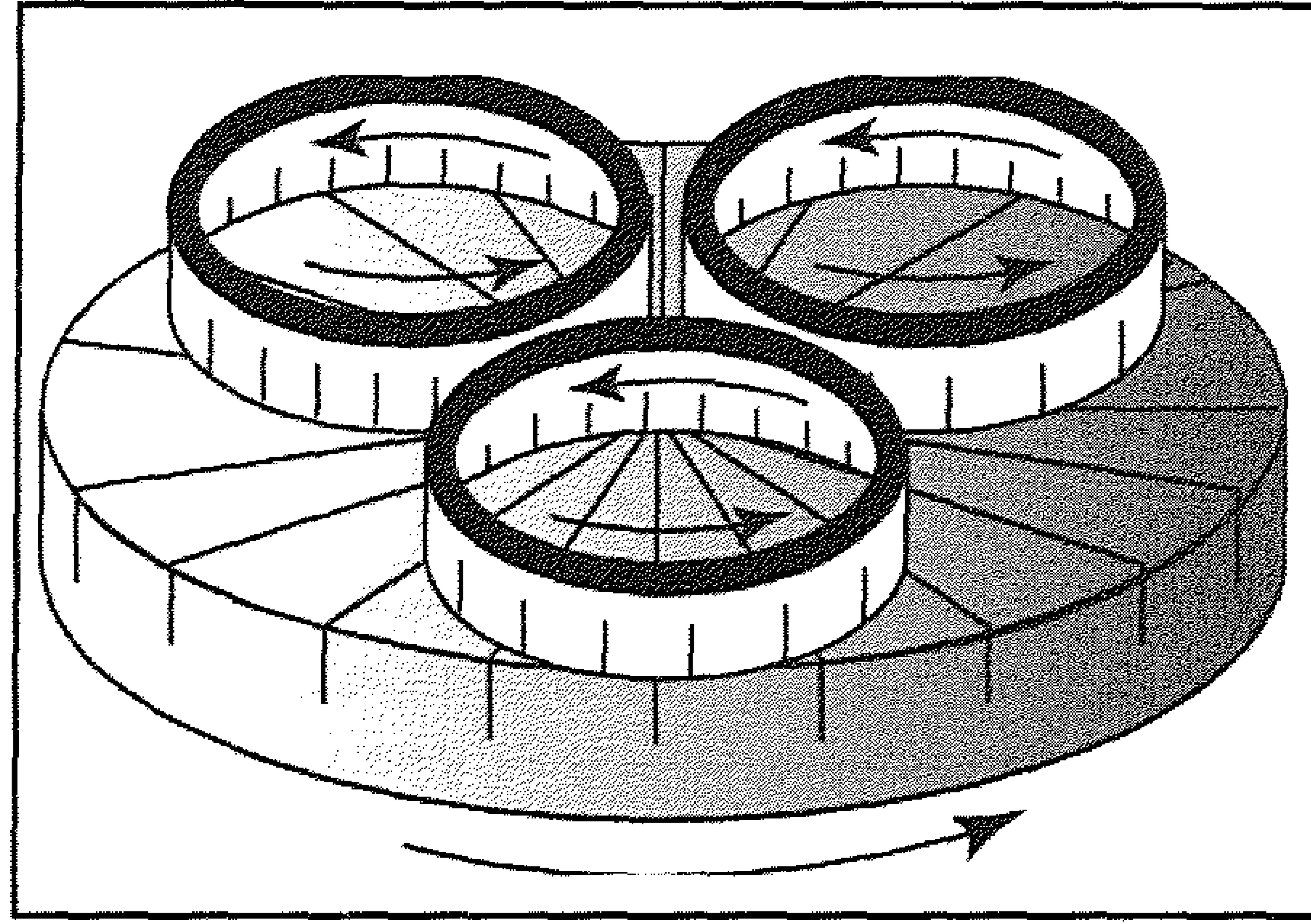
1.2.18 ماكنات التجليخ بالتحضين (Lapping Machines).

هذه الماكنات هي قِطع معدات بسيطة بشكل كبير وتضم منضدة دوارة، تسمى صفيحة التجليخ بالتحضين (*Lapping Plate*)، وثلاث أو أربع حلقات تهيئة (*Conditioning Rings*). تمتلك الماكنات القياسية صفيحة بالتجليخ قطرها ("12 -"48). كذلك يتم صنع الماكنات الواسعة الأعلى من("144). هذه المناضد تدور بمحركات (*hp* 1- *hp* 20). ماكنة تجليخ بالتحضين نموذجية موضحة في الشكل رقم (18- 3).



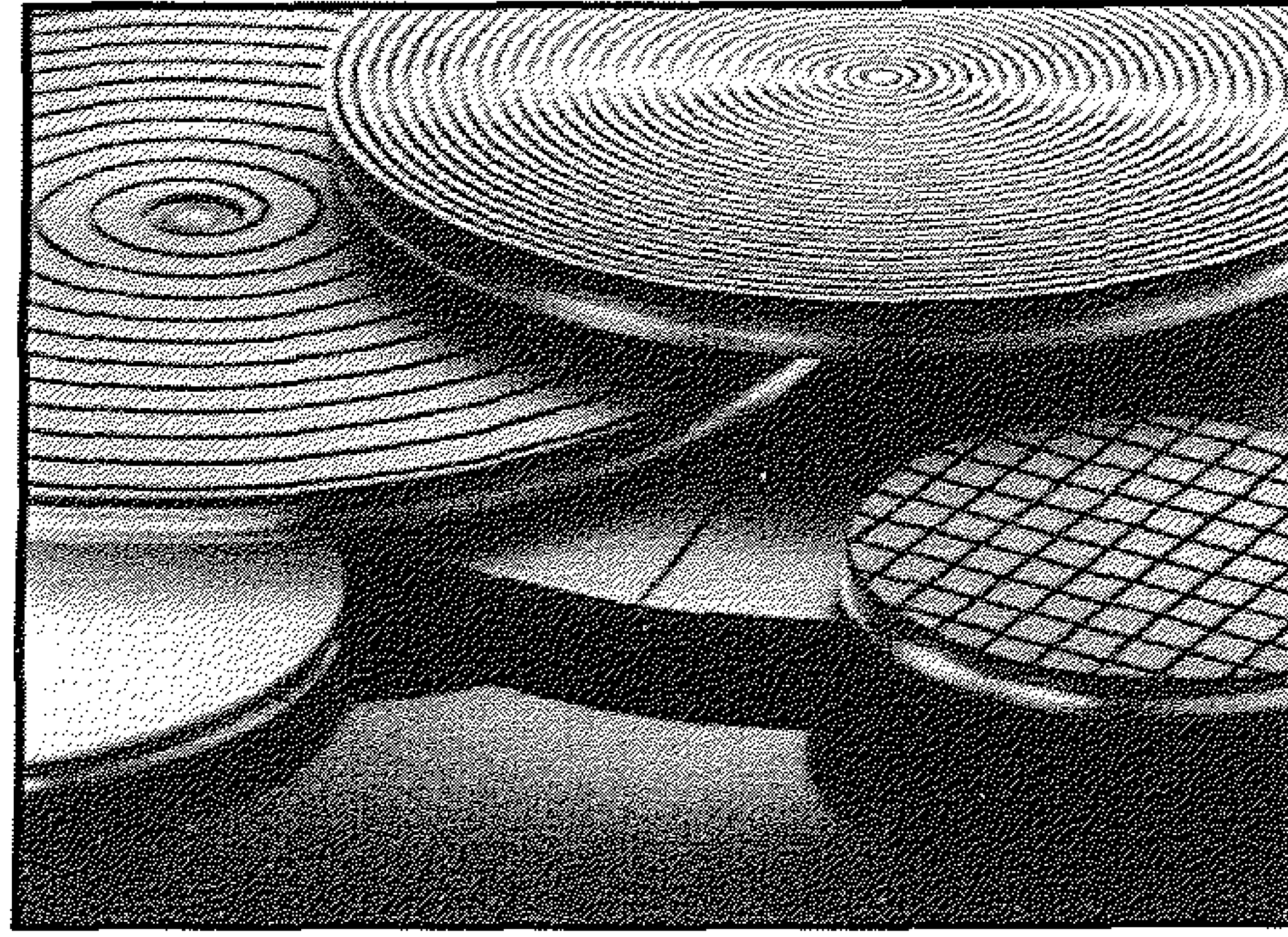
الشكل رقم (18- 3): ماكنة تجليخ بالتحضين ثنائية الصفيحة

صفيحة التجليخ بالتحضين غالباً ما يتم صنعها من حديد الزهر اللين عالي النوعية، وعلى الرغم من ذلك يصنع بعضها من النحاس أو بقية المعادن اللينة. هذه الصفيحة يجب أن تحفظ مسطحة بشكل تام. يتم مسك الشُغلة في حلقات التهيئة وهذه الحلقات تدور كما موضح في الشكل رقم (18- 4).



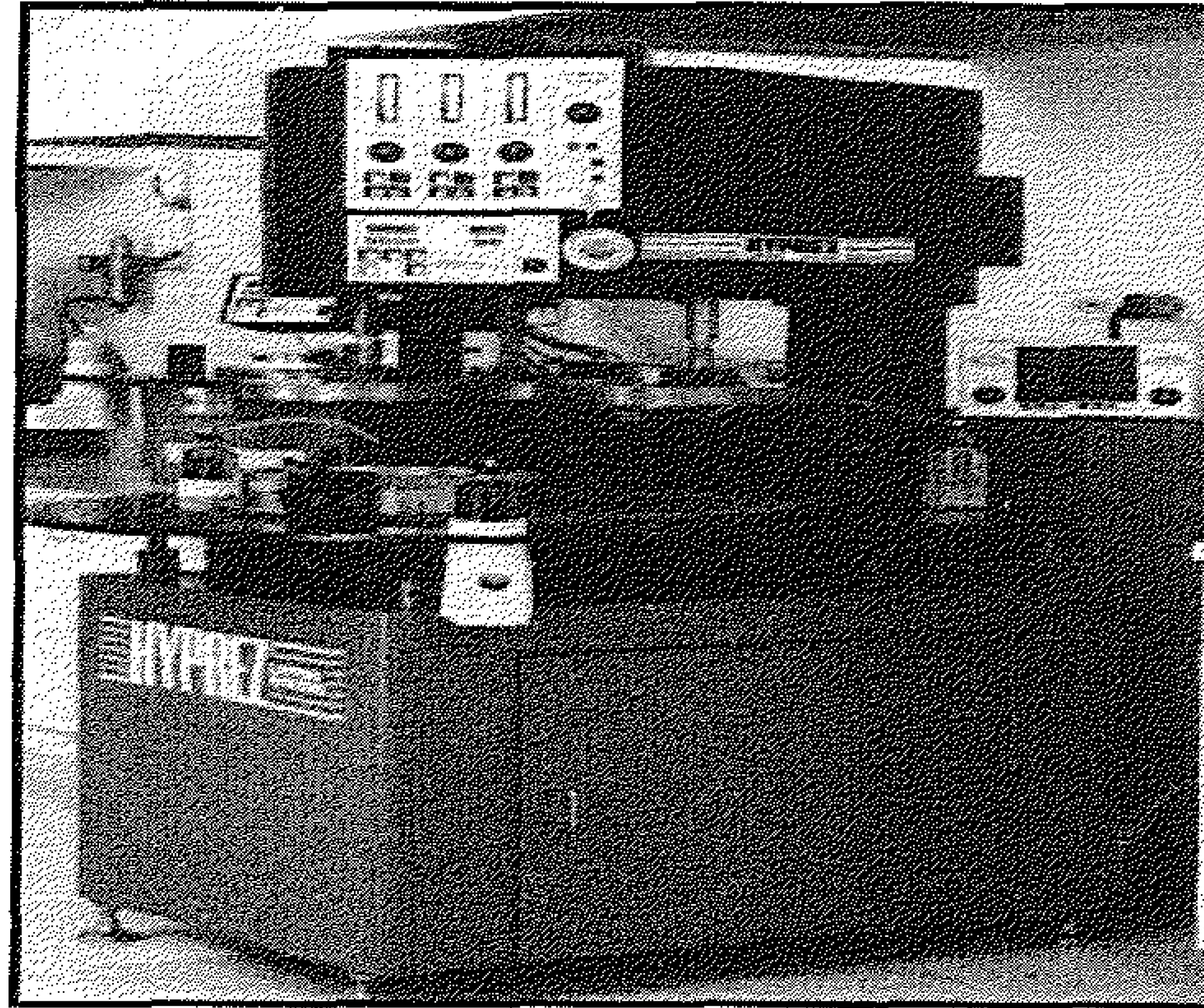
الشكل رقم (18- 4): حلقات تهيئة تستخدم في عمليات التجليخ بالتحضين

دوران هذه الحلقات ينجز عملين، الأول إنه يهيأ الصفيحة حيث إنه يوزع البلى حتى تبقى صفيحة التجليخ مسطحة لأطول وقت، الثاني إنها تمسك الشُغلة في مكانها. السرعات التي عندها تدور الصفيحة مُحددة بواسطة العمل المراد إنجازه، ففي عمل الأجزاء الحرجة جداً، يتم إستخدام (*rpm* 10- *rpm* 15)، وعند الصقل تستخدم فوق (*rpm* 150). ويجب أن يطبق ضغط حوالي (3*Ib*) لكل إنج مربع (*PSI*) على الشُغلات، وفي بعض الأحيان يكون وزنها الخاص كافي لهذه الشيء، أما أذا كان غير كافي، فيتم وضع صفيحة ضغط ثقيلة مدورة في حلقة التهيئة. تستخدم الماكنات الكبيرة رافعات الهواء المضغوط أو الهايدروليك لوضع وإزالة صفائح الضغط. الشكل رقم (18- 5) يوضح صفائح تجليخ بالتحضين متنوعة.



الشكل رقم (18- 5): صفائح تجليخ بالتحضين متنوعة

الشُغلة يجب أن تكون على الأقل أصلد من صفيحة التجليخ، أو فأن الحُبيبات الحاكة سوف تتحشى داخل الشُغلة. دورة التشغيل تكتمل عند (1-20*min*). يعتمد الوقت على إزالة الشوط، المادة الحاكة المستخدمة، والنوعية المطلوبة. الشكل رقم (18- 6) يوضح ماكنة تجليخ بالتحضين إنتاجية مفردة الصفيحة مجهزة لإستخدام عالق للحبيبات الماسية الحاكة .



الشكل رقم (18- 6): ماكنة تجليخ بالتحضين إنتاجية

2.2.18 إختيار الحُبيبة والصفيحة (Grit & Plate Selection).

التسطح، إنهاء السطح، والسطح المصقول ليس من الضروري أن يتم الحصول عليها عند نفس الوقت أو في نوعية متساوية. على سبيل المثال مركب كاربيد السليكون سوف يقطع أسرع ويعطي إنهاء سطح جيد، لكنه دائماً

يـترك سـطح مطفـأ اللمعـة (*Matte Surface*) أو صـقيع (*Frosty*). الحُبيبـات المستخدمة للتجليخ بالتحضين يمكن أن تكون أحياناً أخشن من (280 100- *mesh*. والأكثر إستخداماً غالباً هي الأحجام الدقيقة جداً (*Flour*) من (320- 800 *mesh*). تخلط الحُبيبات في عالق، ويجري على الصفيحة لإستبدال الحبيبات المبلية كي تستمر عملية التشغيل. إن إستخدام الحُبيبات الحاكة الخارقة الماسية عوضاً عن المواد التقليدية مثل أوكسيد الألمنيوم أو كاربيد السليكون يمكن أن يتم إجماله في ثلاثة كلمات، الأسرع، الأنظف، وأكثر تأثيراً في الكلفة.

مع عوالق الماس، فأن التجليخ بالتحضين والصقل والتي هي أطوار عملية الإنهاء يمكن غالباً أن تكون مشتركة في خطوة واحدة. كذلك فأن وقت أقل يحتاج إليه لتنظيف الأجزاء ومعاملة الفائض مترافقة مع زيادة الإنتاجية. صفائح التجليخ بالتحضين تصنع من مواد متنوعة كما موضح أدناه ومتوفرة في أحجام قطر قياسية (6"- 8"). تزود الصفائح بحزوز مربعة، حلزونية، ومتمركزة ونصف قطرية كما موضح في الشكل رقم (18- 5).

1. **الحديد - إزالة الخام العنيفة** (Iron- Aggressive Stock Removal).
   - a- صفيحة تجليخ ممتازة أولية/التخشين، مع عُمر خدمة أطول.
   - b- غالباً تستخدم كبديل لصفائح حديد الزهر.
   - c- تنتج إنهاء سطحي جيد على أغلب المواد خاصة المعادن والسيراميكيات.
2. **النحاس- إزالة الخام المعتدلة إلى العنيفة**

(Copper-Moderate To Aggressive S. R)

   - a- إستخدامها واسع إلى حد بعيد، صفيحة مجلخ مركبة عامة .
   - b- ممتازة عندما يجمع مجلخ أولي وإنهاء في عملية واحدة.

c- ملائم بشكل إفتراضي لأي مادة صلبة، المعدن، السيراميك، الزجاج، الكاربون، اللدائن، وغيرها.

3. السيراميك - إزالة الخام المعتدلة

(Ceramic-Moderate Stock Removal)

a- يستخدم بشكل عام لتجليخ/صقل الأجزاء السيراميكية وبقية المواد الحساسة للإصطباغ.

b- تستخدم في التطبيقات حيث التلوث معدني- النوع لا يمكن التساهل معه.

c- قادرة على أن تكون بديل قابل للتشغيل بشكل أكبر لصفائح السيراميك الطبيعي.

4. قصدير/ رصاص - إزالة الخام الدقيقة

(Tin\Lead-Fine Stock Removal)

a- واسعة الإستخدام كصفيحة مجلخ إنهاء/صقل.

b- غالباً يستخدم في مكان وسادات الصقل (*Polishing Pads*).

c- ملائمة للمعدن، السيراميك، وبقية المواد.

5. القصدير- إزالة الخام الدقيقة (Tin-Fine Stock Removal).

a- غالباً تستخدم حيث التلوث، رصاصي النوع (*Lead Type*) لايمكن التساهل معه.

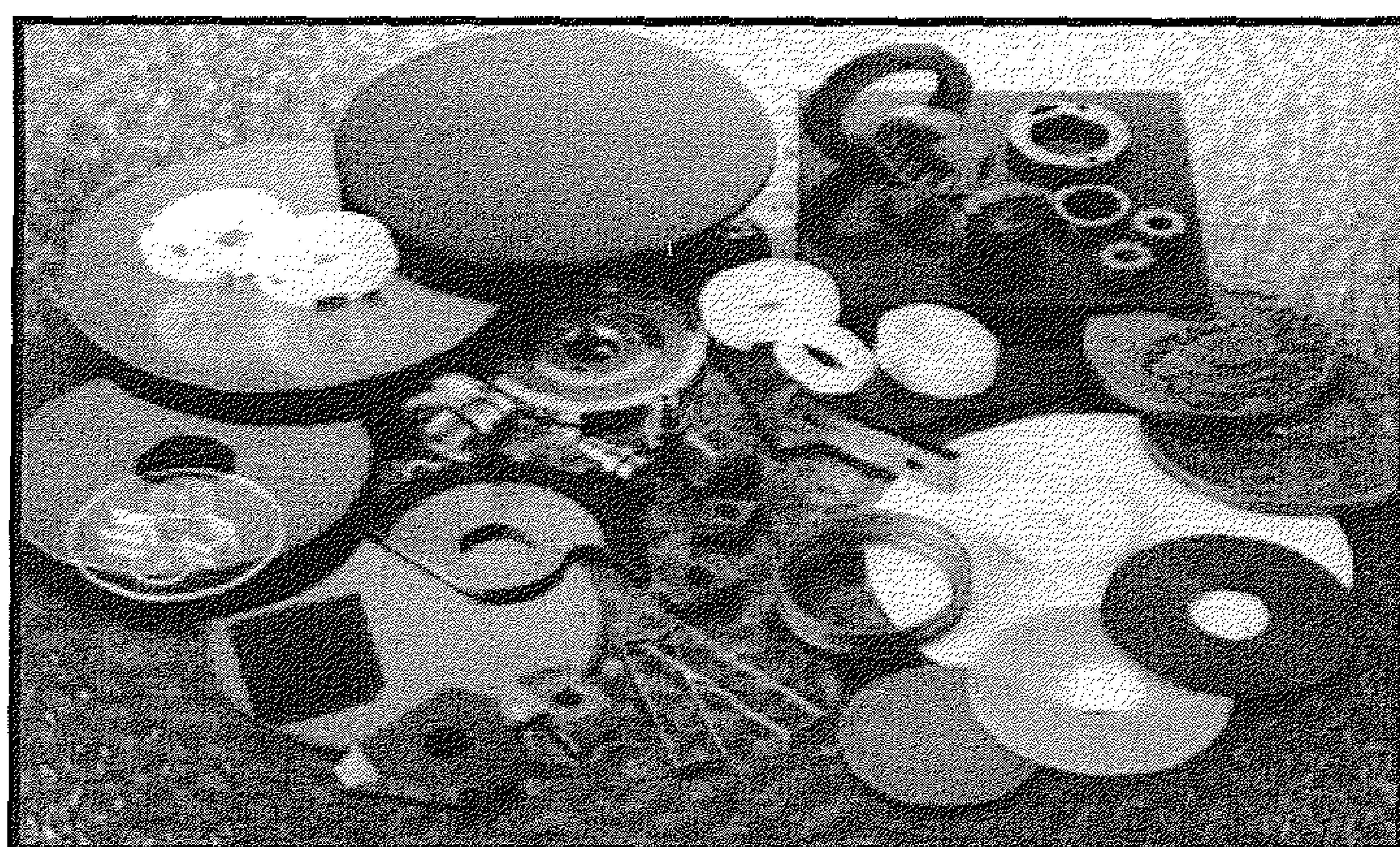
b- ملائم لتحميل أو لشحن الدقائق الناعمة جداً.

3.18 المزايا والمُحددات (Advantages & Limitations).

أي مـادة صـلدة أو لينـة، يمكـن أن تجلـخ بالتحضـين، بالإضـافة إلى أي شكل مادام السطح مستوي.

1. المزايا (Advantages).

ليس هنالك إعوجاج، لأن الأجزاء لا تثبت وتتولد حرارة قليلة جداً. لا تتولد نتؤات، وفي الحقيقة، فأن العملية تُزيل النتؤات الناعمة. أي حجم، قطر، وسمك من بضعة أجزاء من الألف في السمك فوق أي إرتفاع سوف تعلقه الماكنة يمكن أن تجلخ بالتحضين. أحجام وأشكال متنوعة للأجزاء المجلخة بالتحضين موضحة في الشكل رقم (18- 7).



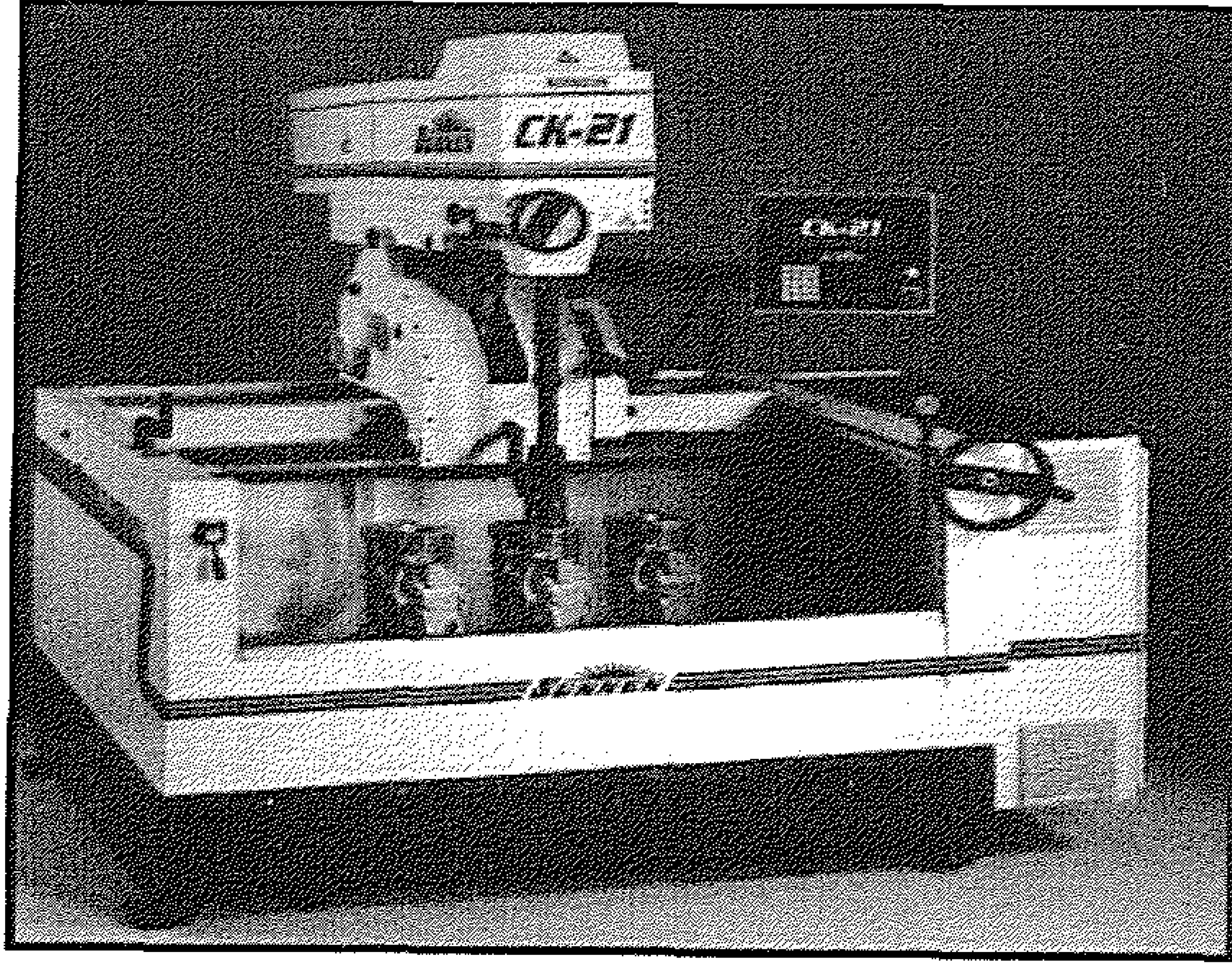
الشكل رقم (18- 7): أحجام وأشكال متنوعة لأجزاء مجلخة بالتحضين

2. التحديدات (Limitation).

التجليخ بالتحضين يبقى إلى حد ما فن(*Art*). هنالك متغيرات عديدة التي تعتبر نقطة إنطلاق لمتطلبات العمل الجديدة من الخبرة والمهارة. حتى على الرغم من أن هنالك توصيات من المصنعين، والخبرة القديمة التي تكون مُفيدة، إلا إن التجربة والخطأ، ربما تبقى محتاجاً إليها للحصول على النتائج المثلى.

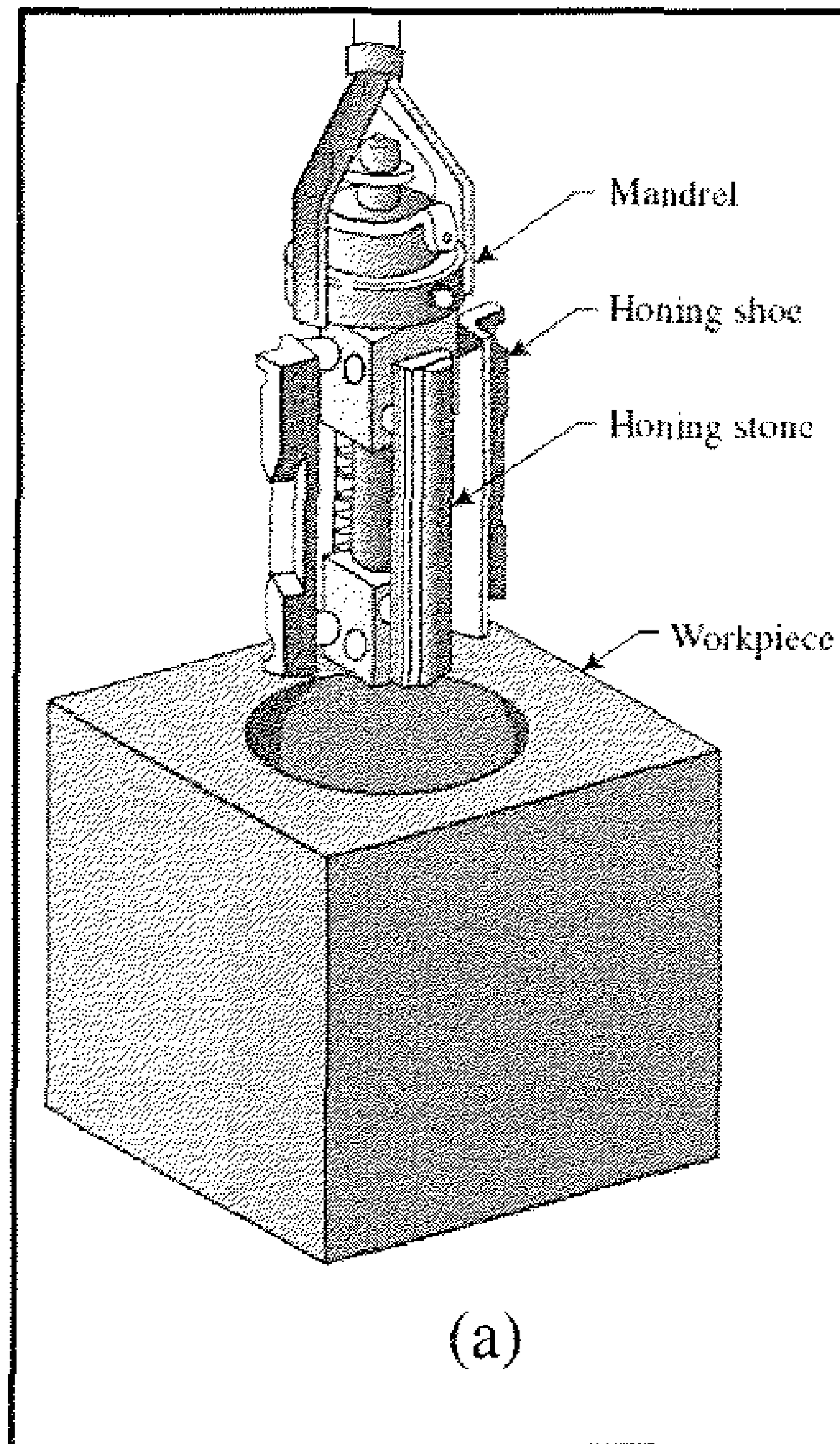
4.18 عمليات الشحذ (Honing Processes).

كما تم توضيحه مبكراً فأن الشحذ هو عملية سحج واطئة السرعة. تنجز عملية إزالة المادة عند سرعات قطع أوطأ مما في التجليخ. لهذا تنخفض كل من الحرارة والضغوط متسببة في سيطرة ممتازة على الحجم والهندسية. التطبيق الشائع للشحذ إلى حد كبير هو على السطوح الإسطوانية الداخلية. عملية شحذ نموذجية موضحة في الشكل رقم (18- 8).



الشكل رقم (18- 8): عملية شحذ نموذجية

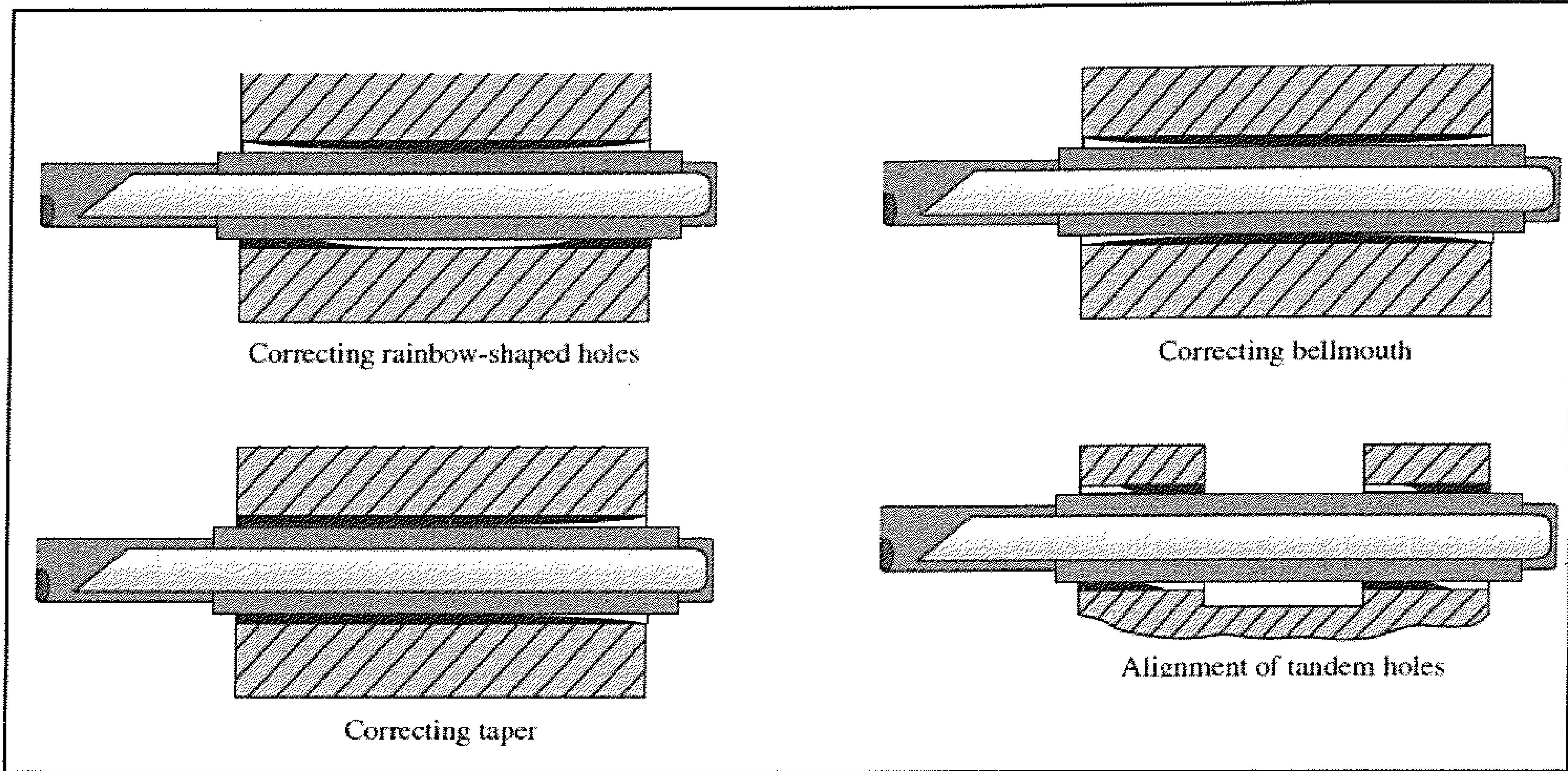
تشغيل ثقب إلى أقل من ($0.001'$) في القطر والحفاظ على إستقامة وإستدارة حقيقية مع إنهاء أقل من ($20u''$) هو أحد أكثر الأعمال صعوبة في التصنيع. يمكن أن ينفذ العمل كل من إنهاء التثقيب أو التجليخ الداخلي ولكن إنحراف عمود الدوران، التنوع في صلادة المادة، والصعوبات في تثبيت العمل الدقيق يجعل العمل بطيء والنتائج غير مؤكدة. وبسبب إستخدام الشحذ لأحجار تجليخ مستطيلة بدلاً عن أحجار التجليخ الدائرية وكما موضح في الشكل رقم (b ,a-9-18) فأنه يمكن تصحيح هذه الإنحرافات.





الشكل رقم (18- 9): a- رسم تخطيطي لمركبات حجر شحذ داخلي b- عُدة شحذ نموذجية قيد الفحص

الشحذ يستطيع بشكل منسجم إنتاج إنهاءات أنعم من (4") وحتى الإنهاءات الأنعم من ذلك ممكنة. كذلك يستطيع الشحذ إزالة خام أقل من (0.0001") وخام أكبر من (0.125"). على أية حال، فأنه عادة يترك مقدار خام فقط (0.002"- 0.02") على القطر من أجل الشحذ. كما موضح في الشكل رقم (18- 10)، الشحذ يمكن أن يصحح عَدد من الظروف أو الإنحرافات المتروكة بواسطة العمليات السابقة.



الشكل رقم (18- 10): عَدد من الظروف أو الإنحرافات المصححة بواسطة الشحذ

5.18 ماكنات الشحذ (Honing Machines) .

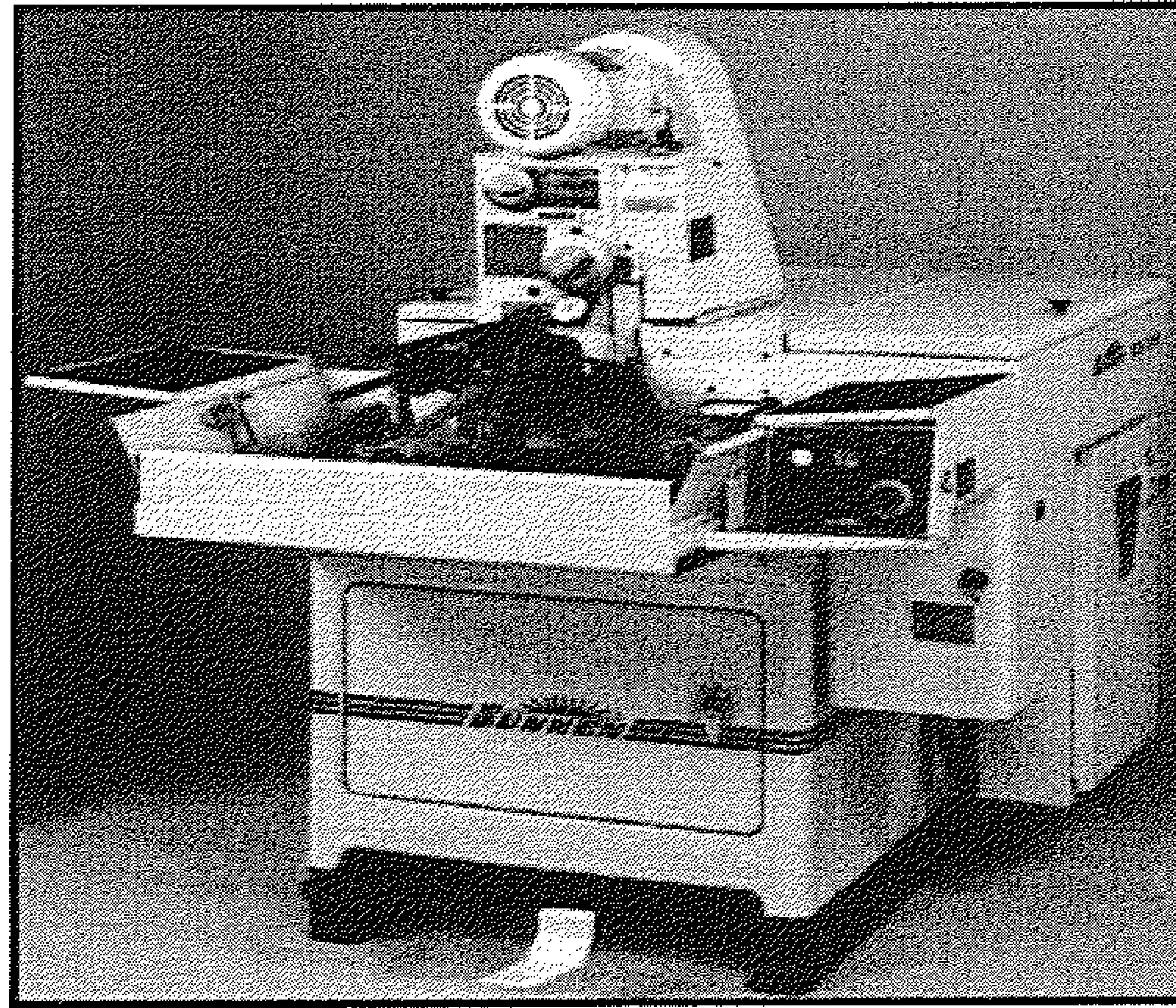
تكون ماكنات الشحذ في معظم الأعمال بسيطة للغاية. معظم الإستخدام الخاص بماكنات الشحذ هو من أجل تشغيل الأقطار الداخلية من (″0.06- ″6). على أية حال، تصنع ماكنات الشحذ الواسعة للأقطار فوق (″48). الماكنات الأوسع في بعض الأحيان تُصنع للأعمال الخاصة. طول الثقب الذي يمكن أن يُشحذ ربما يكون أي شيء من (″½ – ″6) أو (″8) على الماكنات الصغيرة، وفوق (″24) على الماكنات الأوسع. إضافة إلى ذلك يتم تصنيع ماكنات الشحذ الخاصة التي سوف تعالج قوالب ثقب فوق (″144) .

1.5.18 ماكنات عمود الدوران الأفقي (Horizontal Spindle Machines).

ماكنات عمود الدوران الأفقي للتثبيت اليدوي للشُغلة، مع قضبان فوق (″6)، هي من الماكنات الأوسع إستخداماً على الأغلب. الماكنة تدور حجر الشحذ عند سرعة (100- *FPM* 250). يُحرك مُشغل الماكنة الشُغلة للخلف والأمام (الأشواط) فوق حجر الشحذ الدوار. المُشغل يجب أن يعُوم (*Float*) الشُغلة، حتى لا تُكبس ضد حجر الشحذ، أو إن الثقب سوف يكون بيضوي بشكل طفيف. في بعض الأحيان يجب أن تدور الشُغلة. تُصنع ماكنات الشحذ

ذات عمود الدوران الأفقي كذلك مع شوط آلي. وفي هذه الماكنات، تمسك الشُغلة في مُثبت رصف ذاتي ويتم تنظيم السرعة وطول الشوط بواسطة معدات سيطرة على الماكنة.

حالما يبدأ إستخدام حجر الشحذ، فأنه يُوسع بواسطة وسائل هيدروليكية أو ميكانيكية حتى يتم الحصول على قطر الثقب المرغوب به. يمكن أن تربط أجهزة كهربائية وآلية لماكنة الشحذ للسيطرة على مُعدل التوسع، وإيقافه عند الوصول إلى الحجم النهائي. في ماكنات الإمساك اليدوي الأبسط، فأن المُشغل ربما يفحص حجم الثقب مع جهاز معايرة هوائي، ثم إستمرار الشحذ، وإعادة الفحص وهكذا، حتى يصحح الحجم. ماكنة شحذ أفقية عمود الدوران موضحة في الشكل رقم (18- 11).



الشكل رقم (18- 11) : ماكنة شحذ ذات عمود دوران أُفقي

2.5.18 ماكنات الشحذ عمودية عمود الدوران (Vertical Spindle Machines).

تستخدم ماكنات الشحذ العمودية بشكل خاص للعمل الأوسع والأعنف. تمتلك جميع هذه الماكنات أشواط قدرة عند سرع من (*FPM* 20) إلى (120 *FPM*). طول الشوط كذلك مسيطر عليه آلياً بواسطة توقفات (*Stops*) تنصب بواسطة المُشغل. ماكنات الشحذ العمودية تعمل كذلك مع أعمدة دوران متعددة

بحيث يمكن أن تُشغل عِدة ثقوب في وقت واحد، كما في إسطوانات السيارة (الشكل رقم (18- 8)).

1- **بدن حجر الشحذ** (Hone Body).

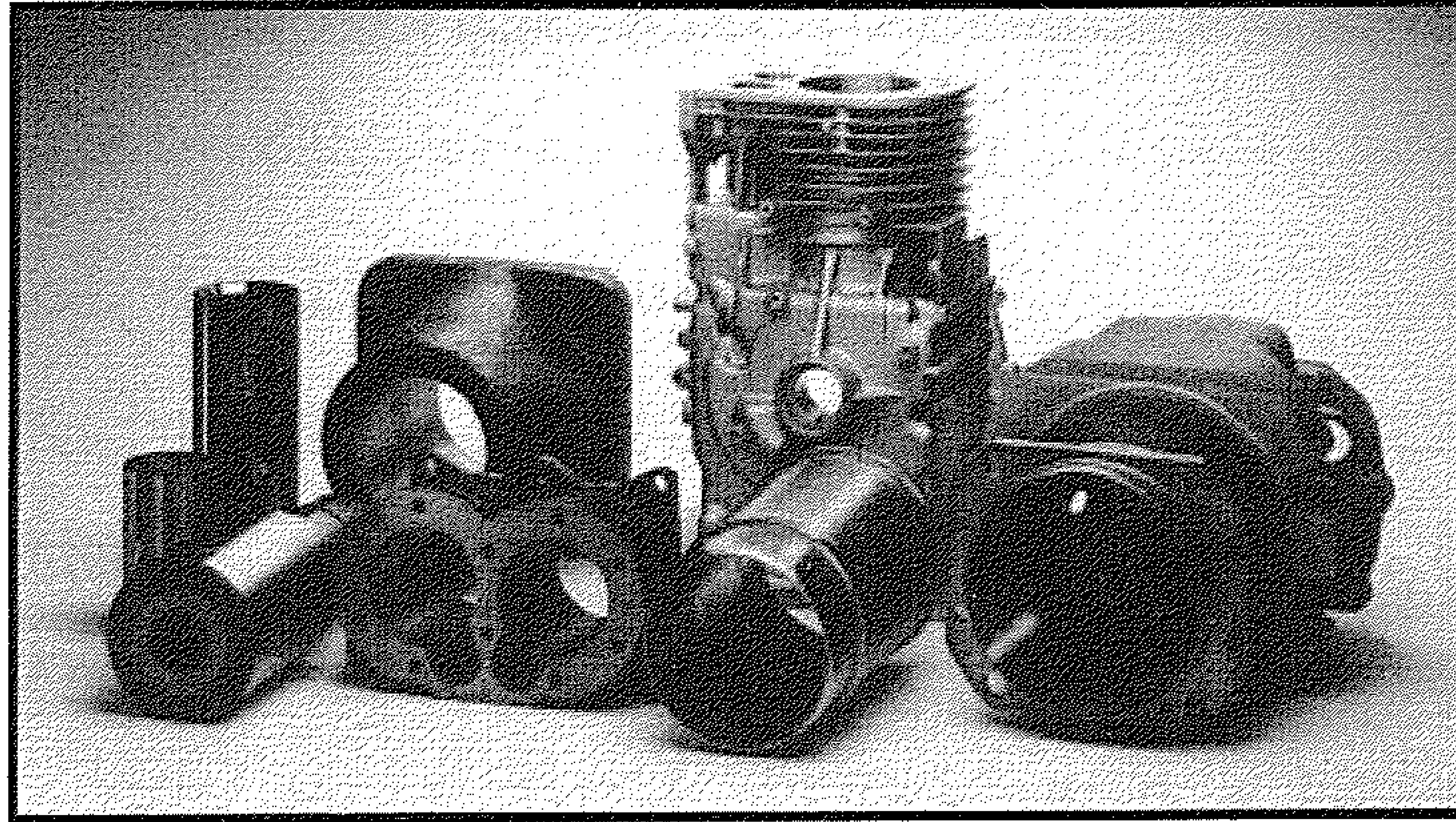
يُصنع حجر الشحذ في عدة نماذج بإستخدام حجر مفرد للثقوب الصغيرة، إثنان إلى ثمانية أحجار حالما يُصنع الحجم أوسع (الشكل رقم (18-9-b)). الأحجار تأتي في تنوع واسع للأحجام والأشكال، وهنالك دلائل معدنية مصلدة بين الأحجار تستخدم كثيراً لتساعد على بدأ الحجر بالقطع في خط مستقيم.

2- **سوائل القطع** (Cutting Fluid).

يجب أن يستخدم سوائل القطع مع الشحذ، وهذه السوائل تمتلك عدة أغراض هي :

1- تنظيف الأحجار والشُغلة من دقائق الرايش الصغيرة .
2- تبريد الشُغلة وحجر الشحذ.
3- تزييت فعل القطع .

ويجب أن يستخدم نظام تصفية شبكي ناعم، حيث إن أعادة تدوير المعدن يمكن أن تتلف الإنهاء السطحي. عملية شحذ عمودي موضحة في الشكل رقم (18- 8). أجزاء قليلة تُشحذ على هكذا ماكنة والموضحة في الشكل رقم (18- 12).



الشكل رقم (18- 12): أجزاء مشحوذة على ماكنة الشحذ العمودية

6.18 إختيار العُدة الحاكة (Abrasive Tool Selection).

يجب أن يتم إختيار حجر الشحذ الحاك لنوع المادة الحاكة المناسبة، صلادة الربط ،وحجم الحُبيبة الذي يُحرر أسرع إزالة خام الإنهاء السطحي المرغوب به. وهذا الإختيار بسيط إذا تم تنفيذه في الخطوات الثلاثة التالية :

الخطوة الأولى: إختيار نوع المادة الحاكة نسبة لتركيب مادة الثقب. هنالك أربعة أنواع مختلفة للمواد الحاكة: أوكسيد الألمنيوم، كاربيد السليكون، الماس، ونتريد البورون المكعب. كل هذه الأنواع الأربعة نُوقشت في الفصل السابق. كل نوع يمتلك المميزات الخاصة به والتي تجعله مناسب بشكل أفضل لشحذ مواد معينة. وفيما يلي بعض الخطوط الدالة المبسطة لإستخدامها وهي :

1- يُشحذ الفولاذ الطري بشكل أفضل مع أوكسيد الألمنيوم.

2- حديد الزهر، البراص، والألمنيوم يُشحذ بشكل أفضل مع كاربيد السليكون.

3- يُشحذ الزجاج، السيراميك، والكاربيد بشكل أفضل مع الماس.

4- أنواع فولاذ العُدة للسرعات العالية، والسبائك الخارقة تُشحذ بشكل أفضل مع *CBN*.

الماس ونتريد البورون المكعب (*CBN*) تعتبر مواد حاكة خارقة بسبب إنها أصلد بكثير عما هي في المواد الحاكة التقليدية، حيث إنها تقطع بسرعة وتُكل ببطئ، لذلك تسمح بشحذ مواد معينة أسرع بكثير وبكفاءة أكبر عما هو في المواد الحاكة التقليدية. على أية حال، كما موضح أعلاه، المواد الحاكة الخارقة غير ملائمة لشحذ كل المواد . ومثال ذلك أيضاً، الماس لا يشحذ الفولاذ بشكل جيد، ونتريد البورون المكعب ربما لا يكون إقتصادي عما هو في إستخدام أوكسيد الألمنيوم لشحذ الفولاذ اللين.

الخطوة الثانية: إستخدام صلادة الحجر المقترحة في دليل المُصنع. إذا كان الحجر لا يقطع، فيتم إختيار الحجر الألين التالي له، إذا الحجر يبلى بسرعة جداً، فيتم إختيار الحجر الأصلد التالي. إن صلادة الحجر لا تُشير إلى صلادة الحُبيبة الحاكة، ولكن لمقاومة مادة الربط التي تمسك الحُبيبات الحاكة سوية، كما تم مناقشته في فصل سابق. يجب أن يكون الرابط قوي كفاية ليمسك الحُبيبات الحاكة والحادة في موضعها لتقطع، ولكن ضعيف بشكل كافي ليسمح بطرح الحُبيبات الكليلة بعيداً لكشف الحُبيبات الحادة التحتية. إذا كان الرابط صلد جداً، فأنه سوف لن يسمح للحُبيبات الكليلة بالسقوط وسوف يختزل مُعدل إزالة الشوط.

أما إذا كان الرابط لين جداً، فأن الحُبيبات الحاكة الحادة تسقط قبل إستخدامها بالكامل، لذلك سوف يبلى بشكل مفرط. حُبيبات الماس ونتريد البورون المكعب تُكل بشكل بطيء جداً بحيث ربما لا تكون الروابط السيراميكية والراتنجية قوية بشكل كافي عند شحذ التخشين للثقوب المدورة في المواد الصلدة، أو عندما يستخدم نتريد البورون المكعب لشحذ الفولاذ اللين. الروابط المعدنية أفضل ملائمة لهذه التطبيقات بسبب أن الحُبيبات تمسك في أرضية معدنية ملبدة والتي هي أقوى بكثير من تلك الروابط القياسية. كما في

إختيار نوع المواد الحاكة، فأن صلادة رابط الحجر يجب أن تنسجم مع التطبيق من أجل حياة عُدة أكبر ومُعدل إزالة خام أكبر.

الخطوة الثالثة: حجم الحُبيبة الحاكة الأكبر الذي سوف ينتج إنهاء السطح المطلوب. إنهاء السطح المطلوب هو دالة للإرتفاع المجهري للإرتفاعات والإنخفاضات على سطح الثقب، والشحذ يمكن أن ينتج على الأغلب أي درجة خشونة أو نعومة خلال إستخدام حُبيبات حاكة مختلفة. زيت الشحذ (*Honing Oil*) يمكن أن يُحسن معدلات إزالة الخام بواسطة مساعدة فعل القطع للحُبيبات الحاكة. حيث انه يمنع اللحام النقطي للعُدة مع الثقب والمسمى (*Pickup*) والتحميل (الرايش يغطي الحجر) . زيت الشحذ يفعل هذا، ليس بعمله كمبرد، ولكن خلال الفعالية الكيميائية. المكونات في الزيت تنتج هذه الفعالية الكيميائية.

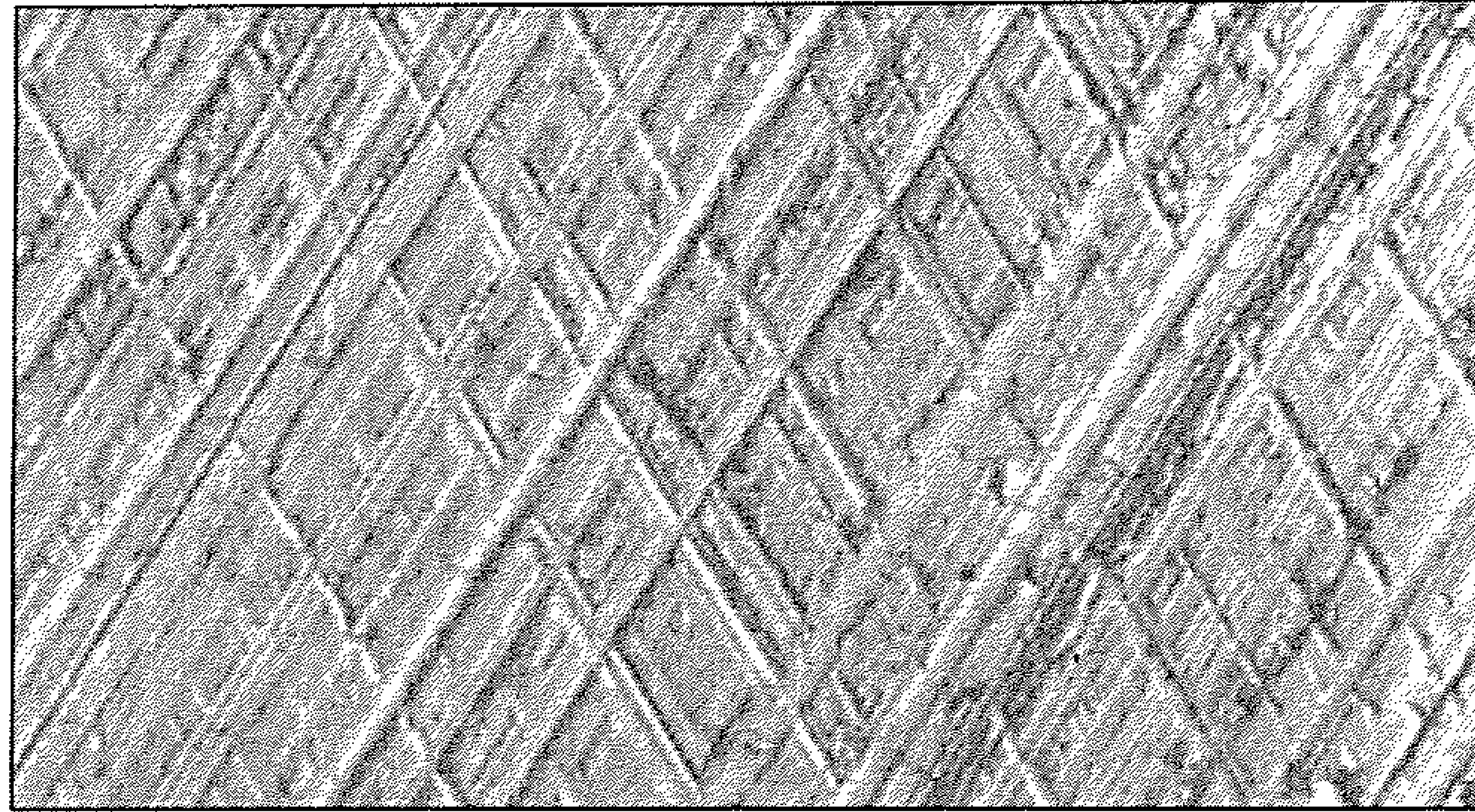
كلما أو متى إرتفعت درجة الحرارة عند أحد نقاط القطع المجهرية، فأن الكبريت الموجود في الزيت يجتمع مع الحديد في الفولاذ ليُشكل كبريتيد الحديد وهو مركب غير قابل للحام، ويمنع الإلتحام. خاصية مقاومة اللحام لزيت الشحذ كذلك تمنع الرايش من الإلتصاق مع بعضه وتغطية الحجر. المبردات ذات الأساس المائي لايمكن أن تنتج هذا النوع من الفعل الكيميائي. إستخدام المبردات ذات الأساس المائي سوف يتسبب في لحام أغلفة الدليل المعدنية الخارجية للجزء وتحميل أحجار الشحذ الحاكة المزججة.

7.18 شحذ كتلة الإسطوانة (Cylinder Block Honing).

في بعض الأحيان تحتاج الثقوب الموسعة عملية شحذ خشن تحضيرية لإزالة الخام، متبوعة بشحذ إنهاء للحصول على إنهاء السطح المطلوب. الصفحة المميزة لأنها السطح المشحوذ هي الترقين العرضي(*Cross-Hatch*) التي تصنع إحتفاظ بالزيت وسطح تحميل ممتازين. نموذج الترقين العرضي هو عام في سطح الثقب الموسع حالما تتحرك الشُغلة بشوط رجوع للأمام فوق عُدة الشحذ الدوارة.

1- **شحذ الهضبة** (Plateau Honing).

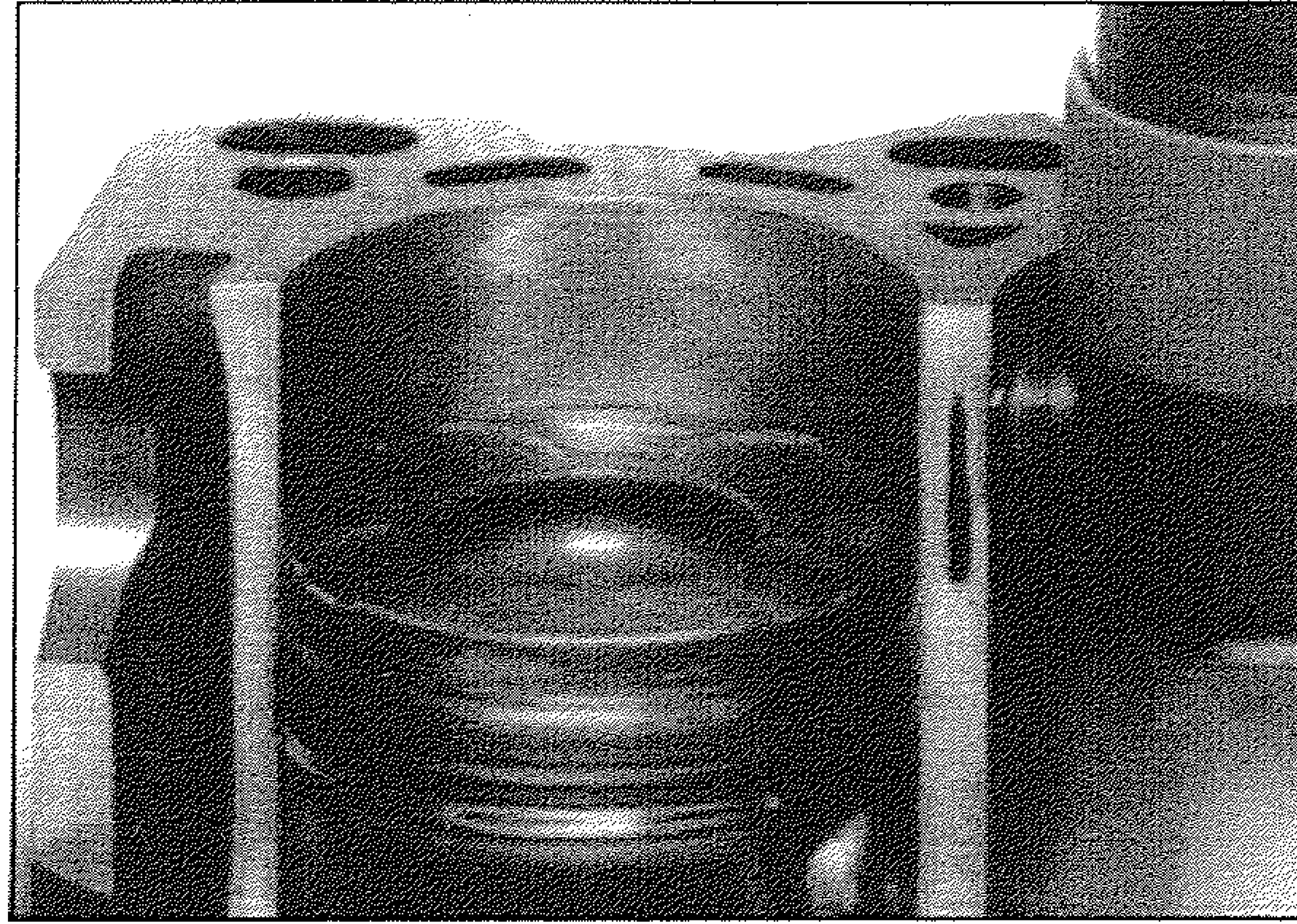
قبل بضعة سنين وَلَدَ إنهاء سطح خاص الإهتمام في سوق إعادة بناء المحرك. مع هذا الإنهاء، الإنخفاضات تكون عميقة والإرتفاعات تُزال لتكون الهضاب، معطية أسم شحذ الهضبة أو إنهاء الهضبة كما موضح في الشكل رقم (18- 13). الإختيار الحديث بواسطة مُصنع الحلقة (*Ring Manufacturer*) وضح بأن محرك مع إنهاء الهضبة يستهلك عُشر واحد من الزيت و80٪ نسبة بلى ثقب إسطوانة أقل عما هو في الماكنات مع الإنهاءات التقليدية.



الشكل رقم (18- 13): إنهاء سطح بواسطة شحذ الهضبة (نسبة التكبير100X)

2- **شحذ- الليزر** (Laser-Honing).

مع هذه العملية، يتم الحصول على نتائج معتبرة بشكل أفضل مقارنة مع الشحذ التقليدي. تراكيب السطح المعرفة بدقة يمكن الحصول عليها مع تكنولوجيا الليزر. شحذ الليزر هو جمع لمعاملة الشحذ والليزر. هذه العملية تولد مزيت مُنتِج- الليزر(*Laser-Produced Lubricant*)، المخزون داخل مساحة مُعرفة ثابتة لكي يتم الحصول على إنهاء سطح هضبي مثالي. هكذا نظام هيدروليكي يمكن أن ينتج بالضبط حيث يحتاج إليه كما موضح في الشكل رقم (18- 14).



الشكل رقم (18- 14): الليزر يولد إنهاء سطح مشحوذ

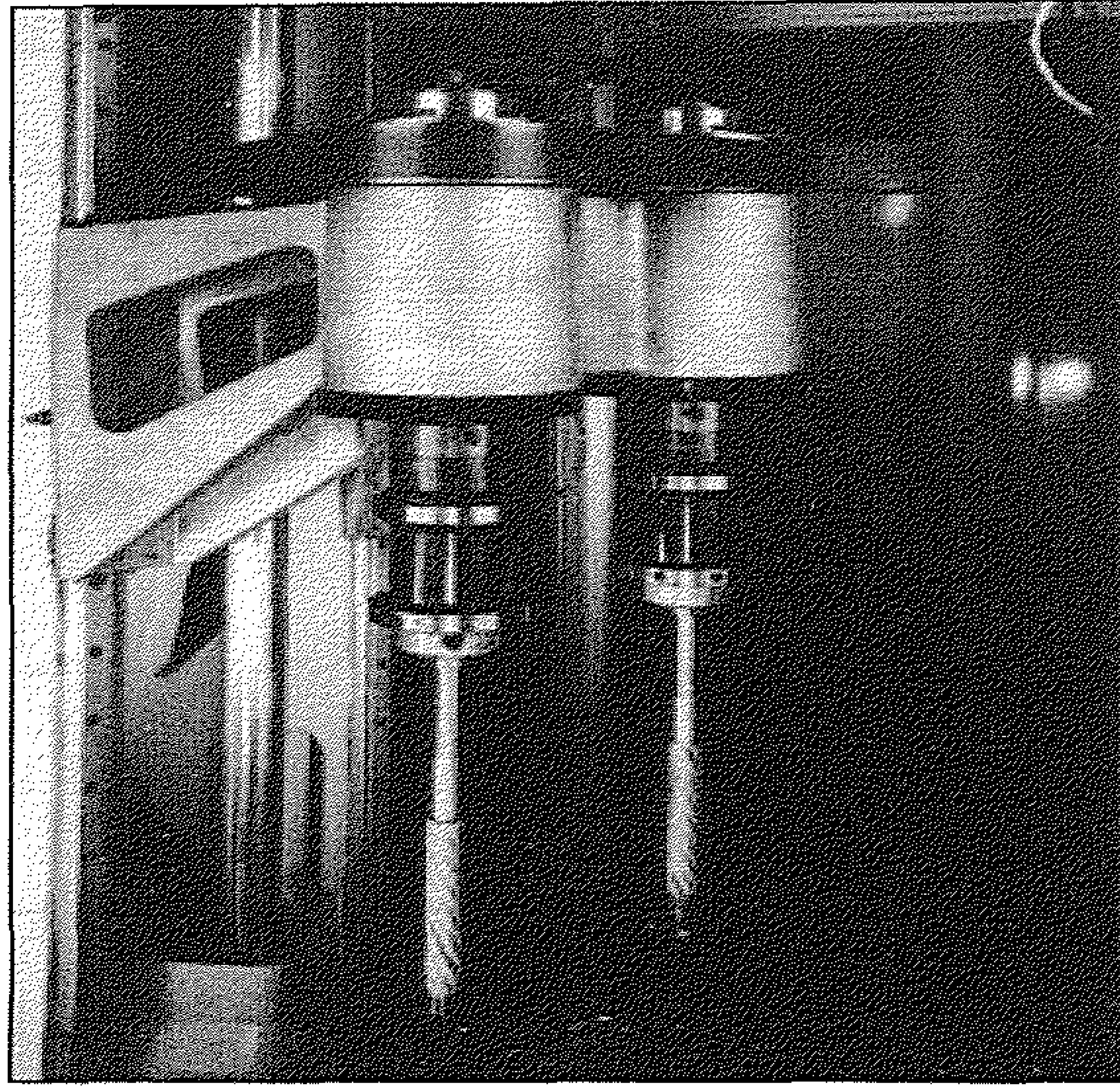
إن تطبيق عملية شحذ- الليزر يحتاج ثلاث خطوات : في الخطوة الأولى – شحذ خشن – ينتج الشكل الظاهري للثقب. في الخطوة الثانية – خزانات المزيت المُحددة بدقة تنتج مع الليزر. في الخطوة الثالثة – شحذ الإنهاء يتم الحصول على إنهاء سطحي ناعم جداً، مسبباً زيادة عُمر الماكنة بواسطة إختزال البلى في سطح الإسطوانة وعلى حلقات المكبس (*Piston Rings*).

8.18 الشحذ الإنتاجي (Production Honing) .

الشحذ سوف لا يُزيل فقط الخام بسرعة، لكنه يستطيع كذلك جلب الثقب للقطر النهائي ضمن تفاوتات نهائية، وهذه الحالة حقيقية خصوصاً إذا جُهزت ماكنة الشحذ بسيطرة آلية على الحجم. مع كل شوط تدفع الشُغلة ضد الطرف الحساس الذي يُعدل لقطر الإنهاء للثقب. عندما يصل الثقب للحجم المطلوب، فأن الطرف الحساس يدخل للثقب والماكنة توقف الشحذ. تكرار الحجم من ثقب لثقب هو (0.0001" -0.0002"). المُشغل ببساطة يُحمل ويفرغ المثبت ويكبس الزر، وكل شيء عدا ذلك هو آلي.

9.18 شحذ الشوط – المفرد (Single – Stroke Honing).

ما تزال الطريقة الأسرع والأكثر دقة لشحذ الثقب للحجم النهائي هي شحذ الشوط المفرد. عُدة الشحذ المفرد (الشكل رقم (18- 15)) هي كُم ماسي صفيحي قابل للتمدد على محور دوران مُستدق. الكُم (*Sleeve*) يتمدد فقط أثناء التنصيب، ولا تنظيمات ضرورية أثناء الشحذ. لا يشابه شحذ الشوط المفرد الشحذ التقليدي الذي تتحرك فيه الشُغلة للخلف وللأمام فوق العُدة، أما في شحذ الشوط المفرد فأن العُدة الدوارة تدفع خلال الثقب دفعة واحدة جالبة الثقب للحجم النهائي. شوط العودة لا يفعل شيئاً للثقب ما عدا إنه يُبعد الشُغلة بعيداً عن العُدة. شحذ الشوط المفرد دقيق جداً ومنسق بحيث الثقوب المشحوذة لا تحتاج إلى معايرة. وعلى الرغم من إن شحذ الشوط المفرد يمتلك العديد من المميزات، إلا انه مُحدد في الأنواع والأحجام للمادة التي يمكن أن تُزال.



الشكل رقم (18- 15): عُدد شحذ الشوط – المفرد

حجم الرايش والحجم الكلي للرايش الناتج في شوط واحد يجب أن لا يكون أكبر من الفراغ بين حُبيبات الماس وإلا فأن العُدة سوف تُحشر في الثقب. أن الشُغلات الأكثر ملائمة لشحذ الشوط المفرد هي التي تصنع من المواد التي

تنتج رايش صغير، مثل حديد الزهر، والتي تمتلك تقطعات (*Interruptions*) التي تسمح للرايش بالإنجراف من العُدة حالما يكون الثقب قيد الشحذ. الشحذ التقليدي يجب أن يستخدم حيثما تكون المادة المراد شحذها تنتج رايش وتري طويل، أو مقدار الخام المراد أزالته كبير.

10.18 المزايا والمُحددات (Advantages & Limitation).

تم تطوير الشحذ إلى عملية تصنيع منتجة، بعض المزايا والمُحددات سوف تُناقش أدناه :

1. المزايا (Advantages).

الشُغلة لا تحتاج لأن تكون دوارة آلياً، حيث ليس هنالك إحتياج للظروف، الصينيات (*Face Plates*)، أو المناضد الدوارة، لذلك ليس هنالك أخطاء تظريف أو تموضع. حجر الشحذ يُدار من العمود المركزي، لذلك إنحناء العمود لايمكن أن يُسبب ثقوب مستدقة كما هي الحال عند التثقيب، والنتيجة هي ثقب مستدير بشكل حقيقي بدون إستدقاق أو نقاط مرتفعة أو منخفضة، إضافة إلى ذلك العمليات السابقة تترك خام كافي بحيث أن حجر الشحذ ينظف كل عدم الإنتظامات.

يستخدم الشحذ مساحة إتصال واسعة عند سرعات بطيئة مقارنة مع التجليخ أو التثقيب الناعم، والتي تستخدم مساحة إتصال صغيرة عند سرعات عالية. وبسبب الجمع بين الحركة الدورانية والترددية والمستخدمة في الشحذ فأنه ينتج نموذج مضلل عرضياً (*Hatched*) والذي يعتبر ممتاز لمسك التزييت. إن الأقطار مع (0.001" - 0.0001") وبدقة عالية يمكن الحصول عليها تكراراً في العمل الإنتاجي. يمكن أن ينفذ الشحذ على معظم المواد من الألمنيوم أو البراص، إلى الفولاذ المصلد. الكاربيدات، السيراميكيات، والزجاج يمكن أن

تشحذ بواسطة إستخدام أحجار الماس (*Diamond Stones*) المشابهة لأقراص الماس (*Diamond Wheels*).

2- المحددات (Limitation).

الشحذ هو مفهوم للعملية البطيئة، على أية حال، ماكنات جديدة وأحجار جديدة قَصرت أوقات الشحذ بشكل قابل للإعتيار. الشحذ الأفقي يمكن أن يولد ثقوب بيضوية مالم تُدور الشُغلة أو تُسند. إذا كانت الشُغلة نحيفة، فحتى الضغط اليدوي يمكن أن يسبب ثقب بيضوي بشكل طفيف.

.(References) المصادر

1- R.H. Todd, D.K.Allen, and L.Alting " *Manufacturing Processes Reference Guide*", Industrial Press, 1994.

2- "*Tool and Manufacturing Engineers Handbook*", 4th Edition, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, Michigan, Vol.1, Machining, 1983.

3- Roy A.Lindberg "*Processes and Materials of Manufacture*", 4th Edition, Allyn and Bacon, 1990.

4- W.D.Callister "*Materials and Science and Engineering: An Introduction*", 3rd Edition, John Wiley and Sons, Inc, 1994.

5- John A.Schey "*Introduction To Manufacturing Processes*", 2nd edition, McGraw-Hill, 1987.

6- E.Paul DeGarmo, J.T.Black, Ronald A.Kohser "*Materials and Processes in Manufacturing*", 8th Edition, John Wiley and Sons, 1997.

7- Lawrence E.Doyle, Carl A.Keyser, James L.Leach, George F.Schrader, and Morse B.Singer "*Manufacturing Processes and Materials For Engineering*", 3rd Edition, Prentice. Hall, Inc.1985.

8- D.T.Koening "*Manufacturing Engineering*", 2nd Edition, Taylor and Framcis, 1994.

9- Ronald Walsh "*McGraw-Hill Machining & Metal Working Handbook*", McGraw-Hill, 1994.

10- M.C.Shaw "*Metal Cutting Principles*", Oxford University Press, 1984.

11- E.M.Trent "*Metal Cutting*", 2nd Edition, Butterworth, 1984.

12- "*Machining-Theory and Practice*", ASM, Materials Park, Ohio, 1950.

13- "*Machining Data Handbook*", 3rd Edition, Machinability Data Center, Cincinnati, Ohio, 1980.

14- E.J.A.Amargo, R.H.Brown "*The Machining of Metal*", Prentice-Hall, 1969.

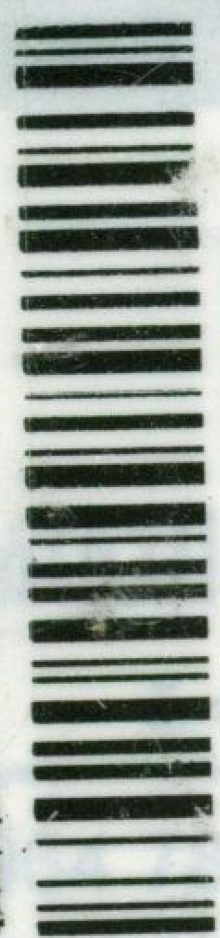
15- J.L.Feirer "*Machine Tool Metal Working, Principles and Practice*", McGraw-Hill, 1973.

16- S.Kalpakjiam "*Manufacturing Engineering and Technology*", 3rd Edition, Addison Wesley, 1995.

17- BH.Amstead, PF.Ostwald and ML.Begeman, "*Manufacturing Processes*", John Wiley and Sons, New York, 1987.

18- G.Boothroyd, Winston A. Knight "*Fundamentals of Machining and Tools*", Marcel Dekker, New York, 1989.
19- P.L.B.Oxley "*Mechanics of Machining*", Ellis Horwood Ltd, 1989.
20- Mikell P.Groover "*Fundamentals of Modern Manufacturing*", Prentice Hall, 1996.
21- Leo Althing "*Manufacturing Engineering Processes*", Marcel Dekker, New York, 1982.

تطبيقات عُدد القطع





مؤسسة دار الصا...
طبع . نشر . توز...
العراق - بابل 1233129 ...
E-mail: aissadiq@yahoo.com



المملكة الأردنية الهاشمية

عمان - الاردن - العبدلي - شارع الملك حسين

قرب وزارة المالية - مجمع الرضوان التجاري رقم 118

هاتف: 4616436 6 962+ فاكس: 4616435 6 962+

ص. ب. :926414 عمان 11190 الأردن

E-Mail: GM@REDWANPUBLISHERS.COM
GM.REDWAN@YAHOO.COM
WWW.REDWANPUBLISHERS.COM



9789957761615